ГРАНДИОЗНЫЙ МИР

ГМ

101 КЛЮЧЕВАЯ ИДЕЯ

АСТРОНОМИЯ

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

Астрономия — сплав физики, математики и бездонной красоты звездного неба — не одно столетие вдохновляла человечество на осознание своего места во Вселенной, на поиски и открытия. Эта обширная область науки обладает собственным языком, который, однако, может освоить и человек, не имеющий специального образования. В этой книге в доступной форме дано краткое описание основополагающих идей астрономии, а также современные принципы и факты, необходимые для всех, кто хочет узнать как можно больше о ночном небе. Вы узнаете о черных дырах и гравитационных линзах, о пульсарах, квазарах и многом другом, что поражает воображение, заставляя людей с пристальным интересом всматриваться в небеса. Статьи расположены в алфавитном порядке.

Книга предназначена для широкого круга читателей, а также для учащихся школ и вузов.

- Джим Брейтот
  - Введение
  - ПРЕДИСЛОВИЕ
  - АНТИВЕЩЕСТВО
  - АСТЕРОИДЫ
  - АТМОСФЕРА ЗЕМЛИ
  - БЕЛЫЙ КАРЛИК
  - БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ
  - ВЕНЕРА 1: ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРБИТЫ
  - ВЕНЕРА 2: ЭЛЕМЕНТЫ ПОВЕРХНОСТИ
  - ВСПЫШКИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ
  - ГАЛАКТИКИ 1: КЛАССИФИКАЦИЯ
  - ГАЛАКТИКИ 2: МЕСТНАЯ ГРУППА
  - ГАЛАКТИКИ 3: СКОПЛЕНИЯ И СВЕРХСКОПЛЕНИЯ
  - ГАЛИЛЕЙ
  - ГРАВИТАЦИОННЫЕ ЛИНЗЫ
  - ДВОЙНЫЕ ЗВЕЗДЫ
  - ДИАГРАММА ГЕРЦШПРУНГА — РЕССЕЛЛА
  - ДИСТАНЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ 1: ПАРАЛЛАКС
  - ДИСТАНЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ 2: ЗА ПРЕДЕЛАМИ ПАРАЛЛАКСА
  - ЗАКОНЫ КЕПЛЕРА
  - ЗАКОН ТЯГОТЕНИЯ НЬЮТОНА
  - ЗАКОН ХАББЛА
  - ЗВЕЗДНАЯ ВЕЛИЧИНА

- ЗВЕЗДНОЕ И СОЛНЕЧНОЕ ВРЕМЯ
- ЗВЕЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ
- ЗВЕЗДЫ 1: ИЗУЧЕНИЕ ЗВЕЗД
- ЗВЕЗДЫ 2: КЛАССИФИКАЦИЯ
- ЗВЕЗДЫ 3: КАРЛИКИ И ГИГАНТЫ
- ЗВЕЗДЫ 4: МАССА И СРОК ЖИЗНИ
- ЗЕМЛЯ
- ИНФРАКРАСНАЯ АСТРОНОМИЯ
- КАТАЛОГ МЕССЬЕ
- КВАЗАР
- КОМЕТЫ
- КОПЕРНИК
- КОСМИЧЕСКИЙ ТЕЛЕСКОП "ХАББЛ"
- КОСМИЧЕСКОЕ МИКРОВОЛНОВОЕ ФОНОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ
- КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ
- КРАСНЫЙ ГИГАНТ
- КРАТЕРЫ
- ЛУНА 1: НАБЛЮДЕНИЯ С ЗЕМЛИ
- ЛУНА 2: ЛИБРАЦИЯ
- ЛУНА 3: КОСМИЧЕСКИЕ МИССИИ
- ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ
- МАРС 1: НАБЛЮДЕНИЯ С ЗЕМЛИ
- МАРС 2: НАБЛЮДЕНИЯ С КОСМИЧЕСКИХ ЗОНДОВ
- МЕРКУРИЙ
- МЕТЕОРЫ И МЕТЕОРИТЫ
- МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ
- МОДЕЛИ ВСЕЛЕННОЙ
- НЕБЕСНАЯ СФЕРА 1: НЕБЕСНЫЙ ЭКВАТОР
- НЕБЕСНАЯ СФЕРА 2: ЭКЛИПТИКА
- НЕБЕСНАЯ СФЕРА 3: НЕЗАХОДЯЩИЕ ЗВЕЗДЫ
- НЕЙТРОННАЯ ЗВЕЗДА
- НЕПТУН
- НОВАЯ
- НЬЮТОН
- ОКУЛЯР
- ОРБИТЫ ПЛАНЕТ
- ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ
- ПЛАНЕТАРНАЯ МОДЕЛЬ ПТОЛЕМЕЯ
- ПЛАНЕТЫ
- ПЛУТОН
- РАВНОДЕНСТВИЕ
- ПУЛЬСАР
- РАДАРНАЯ АСТРОНОМИЯ

- РАДИОАСТРОНОМИЯ
- РАДИОТЕЛЕСКОПЫ
- РАСШИРЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ
- РЕТРОГРАДНОЕ ДВИЖЕНИЕ
- САТУРН 1: ПЛАНЕТА И ЕЕ СПУТНИКИ
- САТУРН 2: КОЛЬЦА САТУРНА
- СВЕРХНОВАЯ
- СВЕТИМОСТЬ
- СИЛА ТЯГОТЕНИЯ
- СКОРОСТЬ УБЕГАНИЯ
- СОБСТВЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ
- СОЗВЕЗДИЯ 1: ВСТУПЛЕНИЕ
- СОЗВЕЗДИЯ 2: ВАЖНЕЙШИЕ ЭЛЕМЕНТЫ
- СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА
- СОЛНЕЧНЫЕ ЗАТМЕНИЯ
- СОЛНЕЧНЫЕ ЧАСЫ
- СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР
- СОЛНЦЕ 1: СТРУКТУРА
- СОЛНЦЕ 2: СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ
- СОЛНЦЕ 3: СОЛНЕЧНЫЕ ПЯТНА
- СПЕКТР ОПТИЧЕСКИЙ
- ТЕЛЕСКОПЫ 1: РЕФРАКТОРЫ И РЕФЛЕКТОРЫ
- ТЕЛЕСКОПЫ 2: СИЛА И МОЩЬ
- ТЕЛЕСКОПЫ 3: РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ
- ТЕМНОЕ ВЕЩЕСТВО
- ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ
- УВЕЛИЧЕНИЕ
- УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ И РЕНТГЕНОВСКАЯ АСТРОНОМИЯ
- УРАН
- ЦЕФЕИДЫ
- ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ
- ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЕЗД
- ЭЙНШТЕЙН
- ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ
- ЮПИТЕР 1: ПЛАНЕТА
- ЮПИТЕР 2: СПУТНИКИ
- ЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ
- Краткий словарь

- notes
  - 1
  - 2
  - 3
  - 4

- ○ 5
- ○ 6
- ○ 7
- ○ 8
- ○ 9
- ○ 10
- ○ 11
- ○ 12
- ○ 13
- ○ 14
- ○ 15
- ○ 16
- ○ 17
- ○ 18
- ○ 19
- ○ 20
- ○ 21
- ○ 22
- ○ 23
- ○ 24
- ○ 25
- ○ 26
- ○ 27
- ○ 28
- ○ 29
- ○ 30
- ○ 31
- ○ 32
- ○ 33
- ○ 34
- ○ 35
- ○ 36
- ○ 37
- ○ 38
- ○ 39
- ○ 40
- ○ 41
- ○ 42
- ○ 43

Джим Брейтот
101 ключевая идея: АСТРОНОМИЯ

Введение

Вы держите в руках книгу из серии «101 ключевая идея». Надеемся, что как данная книга, так и серия в целом окажется для вас интересной и полезной. Цель этой серии — доступным и увлекательным образом познакомить читателя с самыми разными областями знания.

В каждой книге содержится объяснение 101 ключевой идеи и понятия, относящихся к той или иной области знания. Для удобства пользования статьи расположены в алфавитном порядке. Все книги серии написаны таким образом, что от читателя почти не требуется никаких специальных знаний и подготовки. Они будут полезны и для студентов, и для тех, кто только готовится к поступлению в высшее учебное заведение, и просто для любознательных.

На наш взгляд, большинство учебников слишком объемны, чтобы служить справочными пособиями, а статьи в словарях слишком кратки, чтобы сформировать у читателя более или менее полное представление о предмете.

Книги этой серии совмещают в себе лучшие стороны и учебника, и словаря. Их вовсе не обязательно читать от корки до корки и в строго определенном порядке. Обращайтесь к ним, когда нужно узнать значение того или иного понятия, и вы найдете краткое, но содержательное его описание, которое, без сомнения, поможет вам выполнить задание или написать доклад. Материал в книгах излагается четко, с тщательным подбором необходимых научных терминов.

Итак, если вам потребуется быстро и без больших затрат получить сведения пр какой — либо теме — воспользуйтесь книгами данной серии!

Желаем удачи!

Пол Оливер, издатель серии «Teach Yourself Books»(Hodder & Stoughton Ltd)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга предназначена для того, чтобы познакомить людей, не имеющих специального образования в области астрономии, с основными принципами и понятиями этой науки. Астрономия как предмет научного исследования имеет долгую историю и широкие перспективы в будущем. Идеи современной астрономии, такие, как черные дыры, гравитационные линзы, пульсары и квазары, захватывают наше воображение сильнее, чем научные открытия во многих других сферах, — возможно потому, что астрономия предназначена для людей любого возраста. Даже используемые словосочетания и термины, такие, как «Большой Взрыв», передают увлеченность темой и вдохновенное отношение к предмету исследований. Однако было бы заблуждением думать, что в давние времена астрономия была менее увлекательной, чем сейчас. Сами созвездия были нанесены на карты сотни лет назад и получили творческие названия в соответствии с воображаемыми рисунками звезд. В течение многих столетий астрономы пытались понять Вселенную и наше место в ней. Открытия Галилея и тяжкие испытания, выпавшие на его долю, положили начало современной научной эпохе, и нынешние ученые находятся в процессе открытия поразительной картины происхождения Вселенной. Много лет назад такие события, как солнечные затмения и появление комет, имели очень важное значение, направляя мысли и поступки правителей в разных странах. Открытия современной астрономии позволяют нам рассматривать самих себя и нашу крошечную планету в более широкой перспективе.

Астрономия — обширная область науки. В этой книге дано краткое описание ее главных идей в доступной и удобочитаемой форме. Ключевые идеи астрономии представлены в алфавитном порядке и при необходимости снабжены рисунками, таблицами и перекрестными ссылками. К ключевым идеям относятся основополагающие теории современной астрономии, такие, как теория Большого Взрыва, а также основные принципы и факты, необходимые для тех, кто только начинает изучать астрономию и хочет узнать побольше о ночном небе.

АНТИВЕЩЕСТВО

Вещество состоит из частиц, а антивещество состоит из античастиц. Частицы и античастицы происходят от фотона высокой энергии, который в результате этого события перестает существовать. Античастица имеет массу покоя, равную и противоположную по знаку (то есть отрицательную) массе покоя аналогичной частицы, а также обладает равным и противоположным по знаку зарядом аналогичной частицы, если эта частица имеет электрический заряд.

Первой обнаруженной античастицей был позитрон, который является противоположным аналогом электрона. Можно создать антипротон (вместе с другим протоном), заставив два протона столкнуться на скорости, приближающейся к скорости света. Античастицы могут соединяться друг с другом и образовывать составные античастицы, такие, как атомы антиводорода, каждый из которых состоит из антипротона и позитрона.

Для того чтобы фотон высокой энергии произвел частицу и ее античастицу, энергия фото — на (hf) должна быть равной или больше полной энергии покоя частицы и античастицы (которая равна $2m_0c^2$, где m_0 — масса покоя частицы). Когда частица и соответствующая ей античастица сталкиваются и уничтожают друг друга, создаются два протона, чей общий момент движения и общая энергия равны первоначальному моменту движения и энергии частицы и античастицы. Иными словами, каждый раз, когда создается частица, появляется соответствующая ей античастица, а когда частица уничтожается (аннигилирует), соответствующая античастица тоже уничтожается. Галактики состоят из вещества, но не из антивещества. Наблюдения не выявили никаких свидетельств в пользу существования галактик, состоящих из антивещества. Астрономы полагают, что Вселенная появилась в результате так называемого Большого Взрыва около 12 млрд… лет назад. Считается, что энергия Большого Взрыва привела к образованию частиц и античастиц. В процессе первичного остывания Вселенной из космического излучения образовывалось гораздо больше частиц обычного вещества. Эта асимметрия привела к тому, что вскоре после Большого Взрыва все античастицы аннигилировали при столкновении с обычными частицами, образуя фотоны.

См. также статьи «Большой Взрыв», «Темное вещество».

АСТЕРОИДЫ

Астероиды состоят из малых планет и других небесных тел небольшого размера, вращающихся по разным орбитам вокруг Солнца, главным образом между Марсом и Юпитером. Этот регион известен как пояс астероидов. Первый астероид, Церера, был открыт в 1801 году Джузеппе Пияцци. С тех пор были обнаружены тысячи астероидов, орбиты которых теперь хорошо известны. Некоторые астероиды движутся по сильно вытянутым орбитам с перигелиями внутри орбиты Меркурия. Были обнаружены астероиды, орбиты которых пересекают орбиту Земли; последнее зарегистрированное приближение одного из таких астероидов к Земле произошло в марте 1989 года и составило 700 000 км (0,005 астрономической единицы). Считается, что столкновение астероида с Землей около 65 млн… лет назад привело к завершению эпохи динозавров.

Многие астероиды движутся по орбитам, наклоненным по отношению к орбите Земли под гораздо более крутыми углами, чем орбита любой из планет. Диаметр самого крупного астероида, Цереры, составляет около 770 км. Два других астероида, размеры которых превышают 500 км, — Веста и Паллада. Максимальная длина многих астероидов не превышает 10 км.

Среднее расстояние от астероидов до Солнца составляет около 2,8 астрономической единицы. Две группы астероидов, известные под названием Троянцы, находятся почти на орбите Юпитера; одна группа движется впереди, на расстоянии около 60 градусов дуги, а другая группа — позади, примерно на таком же расстоянии. Астероиды с сильно эллиптическими орбитами пересекают орбиты внутренних планет. К таким астероидам относится Икар, который подходит к Солнцу ближе, чем Меркурий. Были также обнаружены астероиды далеко за орбитой Юпитера и даже Нептуна, составляющие часть пояса Койпера, который считается источником короткопериодических комет.

Астероиды в основном состоят из таких материалов, как кремний, железо и изверженные горные породы. Фотографии некоторых астероидов были получены от космического зонда «Галилей», когда он проходил через пояс астероидов. Судя по этим фотографиям, астероиды густо покрыты кратерами, но не имеют характерной формы, хотя так называемые малые планеты считаются почти сферическими. Все астероиды лишены атмосферы из — за низкой силы тяготения, которая не может удерживать газы около поверхности.

См. также статьи «Планеты», «Орбиты планет».

АТМОСФЕРА ЗЕМЛИ

Земная атмосфера на 78 % состоит из азота, на 21 % из кислорода и менее чем на 1 % из аргона, двуокиси углерода и водяных паров. Плотность атмосферы уменьшается с высотой от среднего значения 1 кг/м^3 на уровне моря до менее чем 10^{-9} кг/м^3 на высоте 160 км. Выше 500 км атмосферы не существует. Более 50 % массы земной атмосферы сосредоточено на высоте до 6 км.

Атмосфера Земли защищает живые существа от воздействия метеорной бомбардировки, так как метеоры и мелкие метеориты сгорают при прохождении через атмосферу, а также от воздействия солнечного излучения, состоящего из различных частиц, ультрафиолетового излучения и рентгеновских лучей. Ультрафиолетовое излучение фильтруется озоновым слоем, расположенным на высоте примерно 25 км. Заряженные частицы, испускаемые Солнцем, обычно отклоняются магнитным полем Земли.

Атмосфера Земли прозрачна для электромагнитного излучения в двух полосах, называемых окном видимого спектра и окном радиоволн; последнее охватывает частоты начиная от — 30 МГц до 100 ГГц. Поэтому оптические и радиотелескопы на уровне Земли могут улавливать свет или радиоволны из космоса, в отличие от инфракрасных, ультрафиолетовых и рентгеновских лучей. Приборы для наблюдения за этими частотами космического излучения должны быть расположены на спутниках, выведенных за пределы земной атмосферы.

Молекулы в атмосфере Земли рассеивают солнечный свет, поэтому дневное небо яркое во всех направлениях. Небо имеет голубой цвет, поскольку чем выше степень рассеивания, тем короче длина световой волны.

Ионосфера на высоте от 100 до 300 км содержит ионы и электроны. Космическое и солнечное излучения вызывают ионизацию атомов и молекул в атмосфере этого региона: Радиоволны с частотой ниже 30 МГц отражаются ионосферой из — за большого количества ионов и электронов, отражающих радиоволны так же, как металлическая пластина.

См. также статьи «Метеоры и метеориты», «Электромагнитное излучение», «Радиотелескопы».

БЕЛЫЙ КАРЛИК

Звезды типа белых карликов значительно менее яркие, чем Солнце, но гораздо более горячие; они в буквальном смысле раскалены добела. Согласно закону Стефана, чем горячее звезда, тем больше количество энергии, излучаемое в секунду с единицы площади ее поверхности. Таким образом, белый карлик излучает гораздо больше энергии в секунду на единицу площади, чем Солнце, но поскольку общее количество энергии, излучаемое в секунду, значительно уступает солнечной, площадь поверхности и диаметр белого карлика должны быть гораздо меньше, чем у Солнца. Белый карлик Сириус В, спутник звезды Сириус, был обнаружен одним из первых.

Белый карлик образуется после прекращения реакции ядерного синтеза в звезде- гиганте с низкой массой. При выбросе значительной части ее внешних слоев и образовании так называемой планетарной туманности остается горячее плотное ядро, постепенно остывающее и тускнеющее в течение миллиардов лет. Радиус белого карлика уменьшается при увеличении его массы вплоть до предела Чандрасекара, который составляет 1,4 массы Солнца. Ядро звезды с массой более 1,4 массы Солнца не становится белым карликом, поскольку она не стабильна и взрывается как сверхновая. Белый карлик в системе двойной звезды притягивает массу своего спутника и в конце концов взрывается как новая или сверхновая звезда, когда его масса достигает предела Чандрасекара. При достижении этого предела в недрах звезды возобновляется реакция ядерного синтеза, в результате чего она сбрасывает внешние слои и становится новой звездой или взрывается целиком и становится сверхновой. Однако белый карлик как отдельная звезда является стабильным и постепенно расходует свою внутреннюю энергию, в конце концов становясь холодной и невидимой карликовой звездой. С учетом того обстоятельства, что в недрах черного карлика содержится значительное количество углерода, некоторые астрономы полагают, что такая звезда может представлять собой гигантский алмазный шар!

См. также статьи «Эволюция звезд», «Ядерный синтез», «Сверхновая».

БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ

Теория Большого Взрыва гласит, что Вселенная появилась в результате взрывного расширения точки сингулярности, когда было создано время, пространство и вещество. Считается, что это событие произошло около 12 млрд. лет назад. По мере расширения Вселенной формировались галактики, постепенно удалявшиеся друг от друга, Вселенная продолжала расширяться и по-прежнему расширяется. Известно, что отдаленные галактики разбегаются друг от друга со скоростью, приближающейся к скорости света.

Теория Большого Взрыва возникла в результате открытия американского астронома Эдвина Хаббла. Он обнаружил, что далекие галактики удаляются от нас со скоростью, пропорциональной расстоянию до них. Эта взаимосвязь, выявленная в результате наблюдений, известна как закон Хаббла, который гласит, что для удаляющейся галактики на расстоянии d, ее скорость убегания $v = Hd$, где H представляет собой константу пропорциональности, известную как постоянная Хаббла. Однако, хотя закон Хаббла объясняет идею расширения Вселенной, теория Большого Взрыва не была принята до открытия космического фонового микроволнового излучения в 1965 году. До этого открытия многие астрономы склонялись к теории равновесного состояния Вселенной, предполагавшей, что расширение Вселенной обусловлено веществом, создаваемым в космосе между галактиками, которые в результате удаляются друг от друга. Эта теория была отвергнута, так как она не объясняла присутствия микроволнового излучения, приходящего из космического пространства.

Хаббл вывел связующее звено между скоростью убегания и расстоянием в результате измерения красного смещения более 24 галактик, находившихся на расстоянии до 6 млн. световых лет от Земли. С тех пор подобные измерения были выполнены для гораздо большего количества галактик; результаты подтверждали закон Хаббла и позволили определить более точное значение константы H. Общепринятая величина постоянной Хаббла теперь считается около 20 км/с на миллион световых лет[1] или (50–100) км/с на мегапарсек. Увеличение постоянной Хаббла на больших расстояниях указывает на то, что расширение Вселенной на ее окраинах происходит с большей скоростью.

См. также «Расширение Вселенной», «Закон Хаббла».

ВЕНЕРА 1: ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРБИТЫ

За исключением Солнца и Луны, Венера — самый яркий объект на небосводе. Ее яркость частично обусловлена тем, что планета постоянно покрыта белыми облаками, хорошо отражающими солнечный свет. Венера обращается вокруг Солнца на среднем расстоянии 0,72 астрономической единицы по почти круглой орбите с периодом 225 суток. Направление ее вращения вокруг собственной оси противоположно направлению вращения Земли; один полный оборот происходит за 243,2 суток. Диаметр Венеры составляет 0,95 диаметра Земли, а ее средняя плотность в 5,2 раза превышает плотность воды.

При наблюдении с Земли Венера никогда не отходит от Солнца дальше чем на 47°; таким образом, ее можно видеть в течение трех часов до восхода солнца или в течение трех часов после заката. При наблюдении до рассвета Венера находится в западной элонгации, поскольку она расположена к западу от Солнца. При наблюдении после заката Венера находится в восточной элонгации, поскольку она расположена к востоку от Солнца. Яркость Венеры меняется, так как ее расстояние от Земли тоже меняется от 0,28 астрономической единицы в точке нижнего астрономического соединения, когда Венера находится между Землей и Солнцем, до 1,72 астрономической единицы в точке верхнего соединения, когда Венера находится с противоположной стороны от Солнца. При движении от верхнего астрономического соединения к нижнему и обратно Венера проходит через цикл фаз от полного диска до полумесяца и обратно. Угловая ширина диска планеты тоже претерпевает изменения, поскольку расстояние от Земли меняется таким образом, что мы видим маленький диск полной Венеры, а затем большой полумесяц Венеры. Период максимальной яркости Венеры совпадает с максимальной элонгацией, поскольку с Земли видна большая часть освещенной Солнцем поверхности, а сама планета находится на небольшом расстоянии.

Орбита Венеры наклонена под углом около 3° по отношению к орбите Земли. Когда Венера находится в точке нижнего астрономического соединения, она обычно расположена над солнечным диском или под ним из-за наклона орбиты. Однако в редких случаях, называемых прохождениями, Венера движется перед солнечным диском как черная точка. Последние прохождения наблюдались в 1874 и 1882 годах, а следующие два

ожидаются в 2004 и 2012 годах.

См. также статьи «Планеты», «Орбиты планет».

ВЕНЕРА 2: ЭЛЕМЕНТЫ ПОВЕРХНОСТИ

Венера постоянно покрыта плотным слоем облаков. Период вращения Венеры сначала был определен с помощью радарных импульсов, направленных на планету с Земли. Эти импульсы частично отражались поверхностью Венеры и могли регистрироваться на Земле. Из-за вращения Венеры длина волны отраженных импульсов то увеличивается, то уменьшается. В результате измерения смещения длины волны отраженных импульсов было установлено, что планета вращается в обратном направлении с периодом 243,2 суток.

Сила тяготения на поверхности Венеры составляет 0,9 земной, а температура на поверхности — около 750К (~ 500 °С). Атмосфера Венеры на 96 % состоит из углекислого газа и на 4 % из азота с небольшими примесями двуокиси серы, сероводорода и других химических соединений. Измерения, проведенные космическими зондами, направленными в атмосферу Венеры, установили, что атмосферное давление на планете в 90 раз превосходит земное. Венерианские облака, состоящие главным образом из серной кислоты, имеют толщину около 20 км и расположены на высоте примерно 50 км над поверхностью, оставляя свободный от облаков атмосферный промежуток от поверхности до высоты примерно 30 км. Температура на поверхности гораздо выше, чем можно было бы ожидать для объекта, расположенного на расстоянии 0,72 астрономической единицы от Солнца. Дело в том, что слой облаков улавливает солнечное тепло и препятствует его рассеиванию, создавая парниковый эффект в атмосфере Венеры.

Подробные карты поверхности Венеры были составлены в период между 1990 и 1992 годом с помощью орбитального космического зонда «Магеллан», снабженного радарной системой, специально предназначенной для этой цели. На изображениях, полученных с «Магеллана», можно видеть потоки затвердевшей лавы из вулканов, которые, по всей видимости, продолжают действовать и обеспечивают относительно высокий уровень содержания серы в венерианской атмосфере.

См. также статьи «Атмосфера Земли», «Радарная астрономия», «Сила тяготения».

ВСПЫШКИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Если бы наши глаза могли видеть гамма-лучи, мы были бы удивлены, время от времени наблюдая в небе яркие вспышки, каждая из которых продолжается около минуты. В середине 1960-х годов силами Министерства обороны США была разработана и выведена на орбиту серия спутников, предназначенных для слежения за секретными советскими испытаниями ядерного оружия в космосе. Вместо этого спутники неожиданно зарегистрировали вспышки гамма-излучения, в случайном порядке поступающие из разных областей космоса. Причина этих вспышек оставалась источником догадок и гипотез среди астрономов до 1991 года, когда с космического челнока «Атлантис» был запущен спутник с обсерваторией для наблюдения за гамма-излучением. Обсерватория зафиксировала вспышки с частотой примерно раз в сутки. Случайное расположение вспышек гамма-излучения означало, что феномен должен быть связан с Вселенной в целом, а не с какой-либо отдельной частью Вселенной.

В 1996 году был запущен новый спутник, несший на борту широкоугольный рентгеновский телескоп и детектор гамма-лучей. В феврале 1 997 года детектор зарегистрировал в направлении созвездия Ориона вспышку гамма-излучения под кодовым номером GRB 970 228, которая продолжалась более минуты. Для точного определения источника, прежде чем сигнал стал слишком слабым, был использован рентгеновский телескоп. Результат был подтвержден в течение 12 часов астрономами, пользовавшимися телескопом имени Уильяма Гертеля с диаметром зеркала 4,2 м; этот телескоп расположен в обсерватории Ла-Пальма на Канарских островах. В мае 1997 года спутник зарегистрировал другую вспышку гамма-излучения под кодовым названием GRB 970 508. Было установлено, что величина красного смещения этой вспышки составляет 0,84.

Небесная карта вспышек гамма-излучения

Таким образом был снят вопрос о том, на каком расстоянии находятся вспышки гамма — излучения, так как красное смещение 0,8 четко указывает на расстояние порядка миллиардов световых лет. Причина вспышек гамма-излучения до сих пор не известна.

См. также статьи «Электромагнитное излучение», «Красное смещение», «Сверхновая».

ГАЛАКТИКИ 1: КЛАССИФИКАЦИЯ

Галактика представляет собой собрание многих миллионов звезд, удерживаемых вместе силой взаимного притяжения. Общая классификация галактик проводится в соответствии с их формой: спиральной, эллиптической или неправильной.

Спиральная галактика

Спиральная галактика имеет спиральные рукава, закрученные вокруг ее центра. Галактика Млечный Путь является спиральной галактикой, и ее диаметр составляет порядка 100 000 световых лет. Размер спиральной галактики варьируется от 0,1 размера Млечного Пути до приблизительно равного или немного большего размера. В спиральных рукавах галактик преобладают голубые звезды, а в центральных регионах — красные звезды.

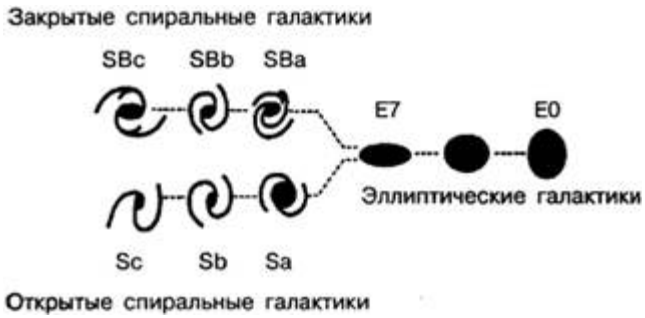
Эллиптическая галактика

Эллиптическая галактика имеет яйцеобразную (эллипсоидную) форму без спиральных рукавов. Размер таких галактик варьируется от карликовых (примерно 1/50 Млечного Пути) до гигантских (в 5 раз больше Млечного Пути).

Галактики неправильной формы

Галактики неправильной формы какой-либо характерной формы[2] не имеют.

В 1920-х годах, в Калифорнии, Эдвин Хаббл, используя 250-сантиметровый телескоп- рефлектор, провел очень подробные исследования галактик. Он изобрел так называемую камертонную диаграмму, изображенную ниже, классифицирующую эллиптические галактики по шкале от E0 (сферическая) до E7 (сигарообразная), а спиральные галактики, в соответствии с формой их центра и плотностью спиральных рукавов, — по трехуровневой шкале A, B и C.



Камертонная диаграмма Хаббла

Теперь астрономы считают, что многие эллиптические галактики могли образоваться в результате слияния спиральных галактик, что приводило к уничтожению спиральных рукавов. Открытие в 1994 году очень отдаленной гигантской эллиптической галактики, содержащей значительные количества пыли, позволило предложить, что некоторые эллиптические галактики содержат новые звезды и образовались не как результат слияния спиральных галактик.

См. также статью «Звезды 4».

ГАЛАКТИКИ 2: МЕСТНАЯ ГРУППА

Галактики варьируют по размерам от карликовых, гораздо меньших, чем Млечный Путь, до гигантских — значительно более крупных, чем Млечный Путь.

Солнце — одна из многих миллионов звезд в Галактике Млечный Путь, диаметр которой превышает 100 000 световых лет. Галактика Млечный Путь является одной из группы соседних галактик, называемой Местной группой галактик. Наиболее крупным членом Местной группы считается галактика в созвездии Андромеды (M31, Туманность Андромеды), спиральная галактика, расположенная на расстоянии около 2 млн. световых лет. Галактика Млечный Путь также принадлежит к спиральным галактикам. Солнце расположено в одном из спиральных рукавов Млечного Пути. Ближайшая звезда находится на расстоянии всего лишь нескольких световых лет от Солнца.

Считается, что Вселенная состоит из миллионов миллионов галактик, каждая из которых содержит миллионы миллионов звезд. На фотографиях глубокого космоса видно, что галактики собираются в скопления, где каждое скопление содержит тысячи галактик, а скопления, в свою очередь, образуют сверхскопления, разделенные огромными пустыми регионами космического пространства. Млечный Путь, Туманность Андромеды и другие галактики в Местной группе образуют скопление диаметром около 3 млн. световых лет. К другим галактикам Местной группы относятся спиральная галактика M33 и несколько галактик неправильной формы, включая Магеллановы Облака. Галактика M33 расположена примерно в 10° от M31, в маленьком созвездии Треугольника, получившем свое название из — за трех наиболее заметных звезд этого созвездия, образующих остроугольный треугольник. Еще одна галактика в созвездии Печи находится гораздо ближе к нам, чем M31, но ее можно видеть лишь в мощный телескоп, так как она гораздо меньше и тусклее, чем M31.

Местная группа галактик

См. также статьи «Галактики 1», «Галактики 3».

ГАЛАКТИКИ 3: СКОПЛЕНИЯ И СВЕРХСКОПЛЕНИЯ

Большинство галактик принадлежит к какому-либо скоплению. Ближайшее скопление галактик по отношению к нашей Местной группе находится в созвездии Девы и содержит более 3000 галактик. Его можно видеть как пятно неправильной формы размером не более 10 угловых градусов. Скопление в созвездии Девы находится на расстоянии более 10 млн. парсеков, примерно в 20 раз дальше, чем Туманность Андромеды. Астрономы наблюдали большое количество скоплений галактик на расстоянии до 6 млрд. световых лет.

Подсчитав общее количество галактик с яркостью выше определенного предела, Эдвин Хаббл оценил их общее количество в 3 000 000 000 000 000. Даже при условии, что каждое скопление содержит не менее 1 млн. галактик, число скоплений должно превосходить 30 млрд. — больше, чем все население земного шара.

Скопления галактик распределены во всех направлениях. Трехмерная модель распределения скоплений на известных расстояниях обнаруживает присутствие сверхскоплений, которые представляют собой скопления скоплений галактик и огромные пустые регионы космического пространства. Кроме того, были обнаружены скопления, упорядоченные в виде волокон и листовидных структур. Так называемая Великая Стена представляет собой листовидное скопление галактик, расположенное на расстоянии около 200 млн. световых лет. Другой крупный сгусток скоплений, известный как Великий Аттрактор, как считается, притягивает наше скопление галактик и скопление в созвездии Девы. Однако в более крупном масштабе было обнаружено мало свидетельств существования отдельных групп и структур; распределение скоплений галактик выравнивается во всех направлениях. При измерениях на расстояние порядка 100 млн. световых лет количество галактик одинаково в разных направлениях. Распределение галактик можно сравнить с распределением материала в губке: дыры представляют собой пустоту, а материал губки — галактики. Распределение материала внутри губки, очень неравномерное в масштабе «одной дырочки», вполне равномерно в более крупном масштабе. В 1999 году группа астрономов из Англии и Германии подтвердила эту картину, составив карты Вселенной в спектре инфракрасного излучения до расстояния 300 млн. световых лет.

См. также статьи «Галактики 1», «Галактики 2».

ГАЛИЛЕЙ

Галилео Галилей родился в 1564 году в итальянском городе Пиза. Как сын дворянина Галилей получил образование при монастыре и в 1595 году стал профессором математики в Падуанском университете, одном из ведущих европейских университетов того времени, расположенном на территории Венецианской республики. Руководство университета позволяло Галилею заниматься исследованиями, и его открытия о движении тел завоевали Широкое признание. В 1609 году до него дошли сведения об изобретении оптического устройства, или телескопа, позволявшего наблюдать отдаленные небесные объекты. За короткое время Галилей изобрел и соорудил несколько собственных телескопов. Он пользовался телескопами для изучения небесных тел, а количество наблюдаемых им звезд в 10 раз превосходило количество звезд, которое можно видеть невооруженным глазом. Он обнаружил, что поверхность Луны густо покрыта кратерами, и открыл 4 крупнейших спутника Юпитера.

В Европе астрономические открытия Галилея получили широкую известность. Галилей надеялся, что его наблюдения и выводы в поддержку гелиоцентрической модели Коперника будут приняты церковью, но в 1613 году он получил суровую отповедь от церкви за свои взгляды. В 1623 году был избран новый Папа Римский, и Галилей поехал в Рим в надежде убедить его снять запрет с системы Коперника, наложенный в 1616 году. Однако Папа отказался изменить существующий порядок вещей, поэтому Галилей решил изложить свои взгляды и свою поддержку модели Коперника в книге на итальянском языке, доступной по форме и содержанию. Он завершил свой труд «Диалог о двух главнейших системах мира — птолемеевой и коперниковой» и опубликовал его во Флоренции в 1632 году. Книга Галилея мгновенно стала бестселлером, и церковь быстро отреагировала, запретив ее чтение и распространение.

12 апреля 1633 года Галилей был вызван в Рим на суд инквизиции. Судьи решили, что Галилей нарушил запрет от 1616 года и прибег к умышленному обману. Он был вынужден отречься от своих взглядов и провел остаток жизни под домашним арестом в своем доме во Флоренции до самой смерти в 1642 году. Огласка, которую получили труды Галилея, и суд над ним, возможно, помогли распространению гелиоцентрической модели Коперника.

См. также статьи «Коперник», «Планетарная модель

Птолемея», «Телескопы 1».

ГРАВИТАЦИОННЫЕ ЛИНЗЫ

Свет движется по прямой, если только он не проходит через сильное гравитационное поле. Альберт Эйнштейн доказал, что сила тяготения искривляет лучи света. Он также продемонстрировал, что в этом отношении воздействие гравитации нельзя отличить от движения с ускорением. Основная идея о воздействии гравитации на движение света покажется не слишком сложной, если мы рассмотрим световой луч, проходящий через иллюминаторы, расположенные на противоположных сторонах ускоряющейся ракеты. Если бы наблюдатель внутри ракеты мог видеть движение светового луча, он увидел бы изогнутую траекторию. Этот эффект вызван ускорением движущейся ракеты. Поскольку в данном случае ускорение нельзя отличить от гравитации, сила тяготения тоже вызывает искривление лучей света. Эйнштейн вычислил, что световой луч, проходящий у края Солнца, будет отклонен под углом 1,75 угловой секунды. Предсказание Эйнштейна было успешно подтверждено в 1918 году группой астрономов под руководством Артура Эддингтона, которые наблюдали и измерили отклонение света звезд, затмеваемых солнечным диском во время полного солнечного затмения.

Искривление света в ускоряющейся ракете

Может ли гравитация создавать искаженные образы космических объектов? В 1979 году был открыт двойной квазар Q 0957+ 561. Поскольку сигнал от каждой части квазара претерпевал одинаковые флуктуации, было доказано, что эти части на самом деле являются двумя образами одного и того же квазара. Сам квазар скрыт за очень мощным источником гравитационного поля, но мы можем видеть два его образа, поскольку свет квазара искривляется, проходя вдоль противоположных концов источника гравитации. Впоследствии с

помощью космического телескопа «Хаббл» удалось получить изображение очень далеких галактик, искаженные и растянутые на полосы за скоплениями других галактик, которые действуют как гигантские гравитационные линзы.

См. также статьи «Солнечные затмения», «Эйнштейн».

ДВОЙНЫЕ ЗВЕЗДЫ

Двойными (бинарными) называются звезды, которые вращаются вокруг общего центра тяжести из-за взаимного гравитационного притяжения. Некоторые двойные системы состоят более чем из двух звезд. К примеру, Мицар и Алькор — две звезды, близко расположенные друг к другу в рукояти Ковша созвездия Большой Медведицы. Наблюдатель с острым зрением может различить их без помощи телескопа или бинокля. Астрономические исследования показали, что Мицар и Алькор являются двойными звездами.

Двойные звезды были впервые обнаружены более 200 лет назад, когда в результате тщательных наблюдений было установлено, что некоторые звезды обращаются вокруг общего центра массы. К примеру, самая яркая звезда ночного неба Сириус А сопровождается гораздо более тусклой звездой Сириус В. Период обращения этих двух звезд составляет около 50 лет.

Существует три основных типа двойных звезд. Визуально-двойными называются звезды, такие, как Сириус А и Сириус В, которые можно видеть как отдельные светила невооруженным глазом или с помощью телескопа. Плоскость орбиты двойной звезды не обязательно должна быть перпендикулярной линии зрения. Затменно-двойными называются звезды, которые периодические затмевают друг друга, поскольку их орбиты расположены под углом к нам. Яркость затмено-двойной звезды, такой, как Алголь в созвездии Персея, значительно уменьшается каждый раз, когда одна из двух звезд затмевает другую. Спектрально-двойными называются звезды, которые были определены как таковые лишь потому, что спектр светового излучения двойной системы регулярно смещается по мере того, как две звезды приближаются к нам и удаляются от нас. Спектр светового излучения звезды состоит из непрерывной полосы цветов радуги. В определенных местах спектр пересекают вертикальные линии; эти линии обусловлены поглощением света в газовой оболочке, окружающей звезду. В спектре двойной звезды наблюдается периодически повторяющееся раздвоение спектральных линий. Из — за эффекта доплеровского смещения эти линии сдвигаются к красной части спектра, когда звезда, излучающая свет, удаляется от нас, и к синей части спектра, когда звезда приближается к нам.

См. также статьи «Законы1 Кеплера», «Масса и жизнь звезд».

ДИАГРАММА ГЕРЦШПРУНГА — РЕССЕЛЛА

В 1911 году датский астроном Эйнар Герцшпрунг, а в 1913 году Генри Рессел независимо друг от друга исследовали зависимость между спектрами звезд и их светимостью. На основании этих данных была построена диаграмма. Положение звезды на диаграмме Герцшпрунга — Рессела определяется абсолютной звездной величиной, откладываемой по оси ординат, и температурой звезды, откладываемой по оси абсцисс.[3]

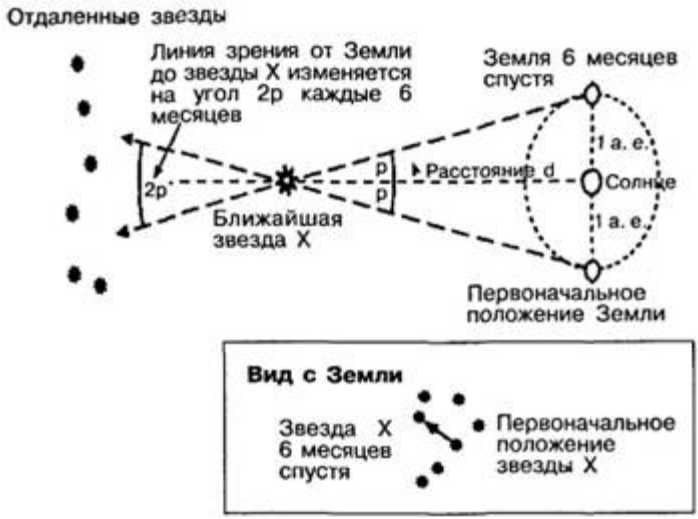
Звезды варьируют по абсолютной величине от +15, что в 10 000 раз меньше мощности Солнца, до -10 (примерно в миллион раз мощнее Солнца). Большинство звезд на диаграмме расположено в пределах диагонального пояса, который протягивается от нижнего правого угла к верхнему левому углу. Такое расположение называется Главной последовательностью. Очень мощные звезды класса М, расположенные высоко над Главной последовательностью, называются гигантами или сверхгигантами. Эти звезды гораздо крупнее Солнца. Их расположение обусловлено тем фактом, что звезды класса М холоднее, чем Солнце, поэтому они испускают меньше света на единицу площади поверхности. Звезды-гиганты на диаграмме Герцшпрунга — Рессела расположены примерно в пяти звездных величинах над Солнцем, а звезды-сверхгиганты расположены примерно в пяти звездных величинах над звездами-гигантами.

Группа очень горячих и тусклых звезд, расположенная под Главной последовательностью, называется белыми карликами. Температура поверхности этих звезд гораздо выше, чем на Солнце, поэтому белый карлик излучает больше света на единицу площади, чем Солнце. Однако по сравнению с Солнцем белый карлик излучает меньше света из-за гораздо меньшего диаметра. Диаграмма Герцшпрунга — Рессела дает информацию о том, как развиваются звезды от своего зарождения до гибели и каким образом звезды-гиганты и белые карлики образуют часть этого жизненного цикла.

См. также статьи «Эволюция звезд», «Звездная величина», «Красный гигант», «Белый карлик».

ДИСТАНЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ 1: ПАРАЛЛАКС

Две соседних звезды одинаковой яркости могут находиться на совершенно разном расстоянии от Земли; одна может быть гораздо ярче и гораздо более отдаленной, чем другая.



Метод параллакса

Расстояния до звезд, расположенных менее чем в нескольких световых годах от Земли, измерялись на основе хорошо известного факта: такие звезды ежегодно немного смещаются по отношению к другим звездам из того же созвездия. Это явление, известное под названием параллакса, обусловлено меняющимся положением Земли по мере того, как она движется по своей орбите. Линия зрения, направленная от Земли к звезде, изменяет положение, когда Земля движется по орбите, поэтому позиция звезды смещается по отношению к фону других звезд в том же созвездии. Это смещение достигает крайнего предела за 6 месяцев, а в следующие 6 месяцев звезда возвращается в прежнее положение. Максимальный сдвиг линии зрения по отношению к звезде образует угол между двумя границами линии зрения. Этот угол можно измерить с точностью до 0,02 угловой секунды (1 угловая секунда составляет 1/3600 градуса).

Угол параллакса звезды определяется как половина ее максимального смещения. Расстояние до звезды с углом параллакса в 1 угловую секунду составляет 1 парсек. Это расстояние равно 3,26 светового года. Поскольку угол параллакса

равен углу между линиями от Солнца и Земли на данную звезду, можно доказать, что расстояние в парсеках до звезды равно:

1 / (угол параллакса в дуговых секундах)

При наблюдении через наземные телескопы звезд, расстояние до которых превышает 100 парсеков, методом параллакса пользоваться нельзя, поскольку атмосферная рефракция «смазывает» перемещение звезды примерно на 0,01 секунды дуги.

См. также статьи «Звездная величина», «Космический телескоп «Хаббл»».

ДИСТАНЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ 2: ЗА ПРЕДЕЛАМИ ПАРАЛЛАКСА

Блеск звезды, наблюдаемой с Земли, зависит от ее светимости и расстояния до нее. Абсолютную звездную величину можно вычислить на основании видимой звездной величины и расстояния до звезды. Эйнар Герцшпрунг в 1911 году и Генри Ресселл в 1913 году независимо друг от друга вычислили абсолютные звездные величины ряда звезд, находящихся в пределах 100 парсеков от Солнца, и нанесли их на график с осями координат (абсолютная звездная величина/температура), создав диаграмму, которая называется диаграммой Герцшпрунга — Ресселла. Герцшпрунг также осуществил первую оценку расстояния до переменной звезды из класса цефеид, которую он затем использовал для калибровки периодического отношения v, открытого в 1911 году Генриеттой Ливитт. Это важное отношение с тех пор использовалось для измерения расстояний и других галактик, в которых можно было различить отдельные цефеиды. Таким образом, цефеиды использовались в качестве указателей расстояний до других галактик для расстояний до 1 млн. парсеков.

Расстояния до галактик свыше 1 млн. парсеков определялись с помощью измерения красного смещения каждой галактики, затем расстояние до нее вычислялось на основании закона Хаббла. Этот закон, гласящий, что красное смещение галактики пропорционально расстоянию до нее, был открыт Эдвином Хабблом в 1929 году после того, как он измерил величину красного смещения в двух десятках галактик, расположенных в пределах 2 млн. парсеков от Млечного Пути. По его расчетам, расстояния до этих галактик находились за пределами метода сравнения блеска и наблюдаемого углового размера цефеид в этих галактиках со средним угловым размером и блеском цефеид в более крупных галактиках, находившихся на известном расстоянии.

Космический телескоп Хаббла использовался для наблюдения за цефеидами в галактиках, расположенных на расстоянии до 20 млн. парсеков. Эти измерения подтвердили достоверность закона Хаббла. В дальнейшем с помощью космического телескопа «Хаббл» были выполнены другие исследования по наблюдению сверхновых в отдаленных галактиках, подтвердившие действенность закона Хаббла на огромных расстояниях — до 1500 млн. парсеков.

См. также статьи «Цефеиды», «Закон Хаббла», «Звездная величина», «Красное смещение»

ЗАКОНЫ КЕПЛЕРА

Немецкий математик и астроном Иоганн Кеплер (1571–1630) жил в Праге в первые три десятилетия XVII века. Он измерил орбиты каждой планеты Солнечной системы и определил периоды их обращения вокруг Солнца. На основании своих измерений он сформулировал три закона, описывающих движения планет.

Первый закон Кеплера

Первый закон Кеплера гласит, что каждая планета движется по эллиптической орбите, в одном из фокусов которой находится Солнце.

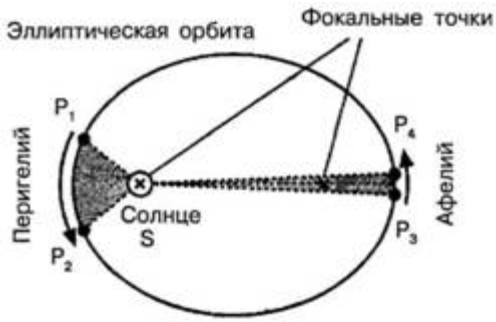
Второй закон Кеплера

Второй закон Кеплера гласит, что скорость продвижения воображаемой линии, соединяющей центр планеты с центром Солнца, меняется обратно пропорционально квадрату расстояния от планеты до Солнца.[4]

Кеплер знал, что расстояние между Марсом и Солнцем в перигелии (кратчайшее расстояние) составляет $0{,}9 \times r_a$, где r_a — расстояние в афелии (наибольшее расстояние). Он обнаружил, что видимое продвижение планеты в афелии составляет $0{,}81 \times r_n$, где r_n — ее видимое продвижение в перигелии. Это взаимосвязь расшифровывалась как квадрат расстояния в перигелии к расстоянию в афелии (см. рисунок). Отсюда следует, что планета вблизи перигелия имеет скорость большую, чем вблизи афелия, то есть движение планеты неравномерно.

Третий закон Кеплера

Третий закон Кеплера гласит, что квадраты времен обращений планет вокруг Солнца относятся как кубы их средних расстояний от Солнца. Этот закон можно записать в виде уравнения, где период обращения (T) исчисляется в годах, а средний радиус (a) — в астрономических единицах $T2 = a^3$.



Законы Кеплера

Законы Кеплера были доказаны математически Исааком Ньютоном с использованием общей теории тяготения. Доказательство можно привести в виде уравнения, где масса планеты выражается в дробной величине от массы Солнца:

масса × период^2 = средний радиус^3.

См. также статьи «Ньютон», «Орбиты планет».

ЗАКОН ТЯГОТЕНИЯ НЬЮТОНА

До того как Ньютон сформулировал всеобщий закон тяготения, считалось, что объекты обладают свойством тяжести, которое тянет вниз, и летучести, которое толкает их вверх. Ньютон развеял концепцию летучести и показал, что между двумя любыми объектами существует сила гравитационного притяжения. Он объяснил движение объекта, падающего на Землю, сказав, что между объектом и Землей существует сила взаимного тяготения. Ньютон воспользовался той же идеей для объяснения движения Луны вокруг Земли и планет вокруг Солнца. Если бы сила тяготения между Солнцем и планетами внезапно перестала существовать, каждая планета продолжала бы поступательные движения по прямой линии, расположенной по касательной к ее орбите. Сила гравитационного притяжения между Солнцем и планетами заставляет планеты обращаться вокруг Солнца.

Ньютон считал, что сила тяготения между двумя объектами, представляемыми в виде точек, пропорциональна массе каждого объекта и обратной величине квадрата расстояния между двумя объектами. Для двух таких точечных объектов с массой m_1 и m_2 при расстоянии r он выявил следующее уравнение для силы тяжести F между двумя массами.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

где G — коэффициент пропорциональности, который он назвал гравитационной постоянной.

Выбор r^2 в уравнении Ньютона вместо r или r^3 или какой-либо другой степени r был обусловлен его предыдущими открытиями законов движения. Он показал, что тело, которое находится в постоянном круговом движении, всегда испытывает воздействие силы ускорения, направленной к центру круга и равной квадрату скорости, деленному на радиус. Связав это уравнение со своей формулой для силы тяготения, Ньютон доказал третий закон Кеплера для движения планет. Любая другая степень r в его формуле не могла бы доказать третий закон Кеплера. Следующим шагом Ньютона была попытка распространить свои идеи за пределы точечных объектов. Это оказалось очень трудно, и в конце концов после многих лет исследований он доказал, что закон тяготения можно применить к любым двум объектам при условии, что расстояние в его уравнении является расстоянием между двумя центрами тяжести.

См. также статьи «Ньютон», «Законы Кеплера».

ЗАКОН ХАББЛА

Эдвин Хаббл пользовался телескопом обсерватории Маунт-Уилсон с рефлектором диаметром 2,5 метра. Телескоп был установлен на горе Уилсон в Калифорнии, и Хаббл использовал его для оценки расстояний до двух десятков галактик с известным красным смещением, расположенных в пределах 2 млн. парсеков от Галактики Млечный Путь (1 парсек = 3,26 светового года). Результаты его исследований, опубликованные в 1929 году, показали, что с расстоянием красное смещение увеличивается. При нанесении результатов на диаграмму, связывающую красное смещение и расстояние, стало ясно, что скорость удаления галактики пропорциональна расстоянию до нее: $v = Hd$. Это взаимоотношение называется законом Хаббла. Величина H в этом отношении называется постоянной Хаббла.

Итак, скорость отдаления $v = Hd$, где d — расстояние до галактики.

Мильтон Хьюмасон произвел дальнейшие измерения с использованием телескопа обсерватории. К 1935 году Хаббл и Хьюмасон опубликовали результаты наблюдений для более чем 140 галактик, расположенных на расстоянии более 300 млн. парсеков и отдаляющихся со скоростями свыше 40 000 км/с. Эти результаты подтверждали первоначальное открытие Хаббла. Ученые оценили величину постоянной Хаббла в 160 км/с на миллион световых лет расстояния. Дальнейшие измерения с использованием телескопов большей мощности и более современных детекторов снизили величину постоянной Хаббла до ее нынешнего значения — около 20 км/с на миллион световых лет.

Закон Хаббла является экспериментальным законом, применимым в ограниченном масштабе измерений. Возможные объяснения этого закона были предметом бурной дискуссии в течение полувека после открытия. Теперь принято считать, что закон Хаббла является следствием расширения Вселенной после первичного взрыва, который произошел в период между 10 и 15 млрд. лет назад. Этот взрыв, известный как Большой Взрыв, привел к созданию пространственно-временного континиума. Величина H имеет очень важное значение, поскольку она используется для оценки возраста Вселенной.

См. также статьи «Большой Взрыв», «Расширение Вселенной», «Красное смещение».

ЗВЕЗДНАЯ ВЕЛИЧИНА

Считается, что наша нынешняя система классификации звезд по их блеску была создана во II веке до нашей эры Гиппархом, который разделил звезды на 6 категорий согласно их яркости.

Ярчайшие звезды назывались звездами первой величины, а самые тусклые, едва видимые невооруженным глазом, назывались звездами шестой величины. В XIX веке астрономы измерили интенсивность светового потока для звезд разной величины и перевели шкалу звездной величины на научную основу; теперь различие в 5 звездных величин соответствовало стократному увеличению количества света. Таким образом, возрастание на одну звездную величину соответствует увеличению яркости в 2,512 раза, следовательно, отношение блеска звезд первой звездной величины к звездам шестой величины составляет $2{,}512 \times 2{,}512 \times 2{,}512 \times 2{,}512$ x 2,512 = 100. Классификация от первой до шестой величины была продолжена в оба конца шкалы, так что звездам, видимым лишь с помощью телескопа, была присвоена звездная величина более шестой, а очень ярким звездам были присвоены значения от 1 до 0 и менее О.[5]

Для сравнения истинной светимости различных звезд необходимо вычислить звездную величину, которую имела бы каждая звезда, если бы она находилась на одинаковом расстоянии от Солнечной системы. Для удобства было выбрано стандартное расстояние в 10 парсеков. Величина звезды, наблюдаемой на этом расстоянии, называется абсолютной звездной величиной (М).

Абсолютную звездную величину можно вычислить по видимой звездной величине. Расчеты основаны на принципе, что интенсивность света от точечного источника на определенном расстоянии меняется в отношении обратно пропорциональном квадрату расстояния. Этот принцип подразумевает, что интенсивность света меняется в соотношении $(d/10)^2$ при движении от расстояния d до 10 парсеков от звезды. Если Dm представляет соответствующую разницу звездной величины, то $100\Delta m/5 = (d/10)^2$ Пользуясь шкалой десятичных логарифмов, получаем уравнение $\Delta m = 5 \log d — 5$; следовательно, $M = т + 5–5\log d$ (где 5 — абсолютная величина Солнца).

См. также статью «Светимость».

ЗВЕЗДНОЕ И СОЛНЕЧНОЕ ВРЕМЯ

Ход нашей повседневной жизни измеряется солнечным временем. Одни солнечные сутки — это интервал времени между последовательными переходами Солнца через нижний меридиан, который составляет половину меридиана, находящегося за горизонтом. Солнечные сутки продолжаются с полуночи до следующей полуночи; разумеется, один полдень отделен от следующего таким же временным интервалом. Солнечные сутки разделяются на 24 часа.

Земля вращается с постоянной скоростью, в результате чего все звезды, кроме Полярной, движутся по ночному небу. Перемещение звезды на небосводе похоже на движение часовой стрелки, совершающей полный оборот за одни сутки. Промежуток времени между двумя последовательными пересечениями меридиана отдельно взятой звездой называется звездными сутками. Продолжительность звездных суток составляет 23 часа и 56 минут в единицах измерения солнечных суток. Это происходит потому, что Земля тоже движется по своей орбите вокруг Солнца, поэтому созвездия в ночном небе постепенно меняются. Звезды, которые не находятся в полярном регионе, каждую следующую ночь восходят на 4 минуты раньше из-за того, что Земля смещается примерно на 1° в сутки по своей орбите. Таким образом, через месяц звезда восходит примерно на 2 часа раньше.

В астрономических обсерваториях обычно есть часы, измеряющие звездное время наряду с солнечным временем. Звездные сутки наступают, когда первая точка Тельца пересекает верхний меридиан обсерватории.

Прямым восхождением звезды

Прямым восхождением звезды называется интервал времени (измеряемый в звездных часах) от перехода первой точки Тельца через меридиан до перехода звезды. Поэтому звезда пересекает меридиан обсерватории, когда время на звездных часах обсерватории равно ее прямому восхождению. Для точного времяисчисления используются атомные часы, так как скорость вращения Земли слегка изменяется. В атомных часах секунда определяется в терминах частоты вибрации определенного вида атомов. Для того чтобы ход атомных часов совпадал с солнечным временем, периодически добавляются или убавляются «переходные» секунды.

См. также стать ю «Небесная сфера 3».

ЗВЕЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ

Звездными скоплениями называются большие группы звезд, объединенные силой взаимного притяжения.

Диаметр рассеянного, или галактического, звездного скопления варьируется от нескольких световых лет до 50 и более световых лет. В целом в открытых скоплениях преобладают голубые звезды и, поскольку эти звезды имеют гораздо более короткий срок жизни, чем красные звезды, рассеянные скопления состоят из сравнительно молодых звезд. К наиболее известным звездным скоплениям относятся M45, скопление Плеяд в созвездии Тельца, Гиады в созвездии Тельца и M44 в созвездии Персея. Скопление Плеяд в регионе, диаметр которого составляет более 20 световых лет, состоит из голубых звезд, окруженных диффузными серебристыми облаками космической пыли. С другой стороны, рассеянное скопление Гиад состоит из большого количества звезд, расположившихся в пределах более 80 световых лет и движущихся параллельно друг другу. Скопление M44, известное под названием Пчелиный Улей, содержит около 200 звезд в регионе диаметром около 40 световых лет. В спиральных рукавах Галактики Млечный Путь было обнаружено более 1000 рассеянных звездных скоплений. В целом звезды в таких скоплениях удаляются друг от друга, и со временем скопление прекращает свое существование.

Шаровое звездное скопление

Шаровое звездное скопление представляет собой тесный массив сферической формы, состоящий из миллионов звезд, удерживаемых вместе силой их тяготения. Диаметр шарового скопления составляет от 50 до 300 световых лет. Шаровые скопления в Млечном Пути расположены над и под плоскостью Галактики и более или менее распространены во всех направлениях от ее центра. Всего в Галактике Млечный Путь наблюдается около 100 шаровых звездных скоплений. В них преобладают бедные металлом красные звезды, указывающие на то, что эти скопления имеют очень древний возраст. Гравитационное притяжение звезд в шаровом скоплении достаточно сильное, чтобы предотвратить их рассеивание, поэтому шаровые скопления очень стабильны. Самым ярким шаровым скоплением является Омега Центавра, объект четвертой звездной величины, расположенный в Южном полушарии небесной сферы. Он содержит около миллиона звезд в сферическом регионе диаметром примерно 160 световых лет на расстоянии более 20 000 световых лет от Земли.

См. также статьи «Дистанционные измерения 2», «Звездная величина», «Переменные звезды».

ЗВЕЗДЫ 1: ИЗУЧЕНИЕ ЗВЕЗД

Солнце — типичная звезда. Звезды варьируют по размеру от карликов до гигантов и сверхгигантов, диаметр которых в сотни раз превосходит диаметр Солнца. Звезды видны в ночном небе как точечные объекты, потому что они находятся на огромном расстоянии. Свет от звезды дает некоторую информацию о расстоянии до нее, ее скорости, химическом составе, температуре поверхности, радиусе, мощности излучения, массе и сроке жизни.

Если звезда расположена достаточно близко к нам, расстояние до нее можно измерить методом параллакса, то есть измерив угол ее смещения за период 6 месяцев. Расстояние до звезды, расположенной за пределами 300 световых лет, нельзя измерить методом параллакса, его можно вычислить на основании абсолютной звездной величины, если известно положение звезды на диаграмме Герцшпрунга — Ресселла.

Скорость звезды определяется через измерение радиального и тангенциального компонентов скорости. Доплеровское смещение линий спектра необходимо измерить для вычисления радиального компонента; тангенциальный компонент скорости можно определить, если известно собственное движение звезды и расстояние до нее.

Химический состав звезды определяется через измерение длины волн в линиях ее эмиссионного спектра. Эти линии характерны для определенных видов атомов, излучающих свет, и, следовательно, их можно использовать для определения химических элементов.

Температура поверхности звезды определяется ее спектральным типом (то есть цветом). К примеру, температура поверхности красной звезды класса M составляет около 3000K. Для более точного определения необходимо измерение интенсивности спектра в разных длинах волн, чтобы найти длину волны, соответствующую максимальной интенсивности. Затем температура звезды вычисляется по закону Вина.

См. также статьи «Дистанционные измерения 1 и 2», «Диаграмма Герцшпрунга — Ресселла», «Звездная величина», «Собственное движение», «Тепловое излучение».

ЗВЕЗДЫ 2: КЛАССИФИКАЦИЯ

Звезды различаются по цвету и яркости. Бетельгейзе в созвездии Ориона — красный гигант. Ригель в том же созвездии — голубой гигант. Спектр излучения звезды представляет собой непрерывную полосу цветов от красного и оранжевого через желтый и зеленый до синего и фиолетового. Непрерывный спектр пересекается темными линиями поглощения, возникающими из-за того, что разные виды атомов во внешних слоях звезды поглощают свет с определенной длиной волны, излучаемый внутренними слоями звезды.

Интенсивность каждой части спектра изменяется вместе с цветом и зависит от температуры поверхности звезды. Чем горячее звезда, тем ближе максимальная интенсивность ее излучения находится к голубому концу спектра. Таким образом, цвет звезды определяется температурой ее поверхности. Звезды классифицируются в соответствии с цветом, температурой и линиями поглощения в их спектре. Система классификации с присвоением букв алфавита разным оттенкам цвета была разработана до того, как удалось установить точную связь между цветом и температурой. После экспериментов с использованием лабораторных источников света при разных температурах порядок букв пришлось изменить, как указано в таблице, чтобы создать температурную последовательность.

Цвет	**Синие**	**Голубовато-синий**	**Белый**	**Голубовато-зеленый**	**Желтый**	**Оранжевый**	**Красный**
Температура (тыс. градусов)	**30**	**20**	**10**	**8**	**6**	**4**	**3**
Класс звезды	**O**	**B**	**A**	**F**	**G**	**K**	**M**
Сильные линии поглощения из-за присутствия:	гелия	водорода и гелия	водорода легких металов	легких металов	легких металов	металлов	оксидов металов

См. также статьи «Диаграмма Герцшпрунга — Ресселла», «Светимость», «Звездная величина», «Красный гигант», «Спектр оптический», «Тепловое излучение».

ЗВЕЗДЫ 3: КАРЛИКИ И ГИГАНТЫ

Светимость, или количество энергии света в секунду, излучаемое звездой, зависит от температуры и площади ее поверхности в соответствии с законом Стефана (см. ниже). При известной температуре поверхности и радиусе звезды можно вычислить ее светимость. Радиус Солнца можно рассчитать по его расстоянию от Земли и угловой ширине на небосводе. Судя по цвету Солнца, мы знаем, что температура на его поверхности составляет примерно 6000К. Энергия, излучаемая Солнцем за 1 секунду, равна 400 миллионов миллионов миллионов миллионов ватт.[6]

Светимость любой другой звезды можно вычислить при сравнении ее абсолютной звездной величины с абсолютной звездной величиной Солнца. К примеру, если блеск звезды на 5 величин превышает блеск Солнца, она излучает в секунду в 100 раз больше энергии.

С помощью закона Стефана при известной светимости и температуре поверхности звезды можно вычислить площадь ее поверхности и радиус. Закона Стефана гласит: количество энергии, излучаемое звездой в секунду на квадратный метр ее площади, пропорционально четвертой степени температуры ее поверхности. Таким образом, каждый квадратный метр поверхности звезды на половину менее горячей, чем Солнце, излучает 1/16 часть энергии в секунду на единицу площади по отношению к Солнцу. Если в целом такая звезда излучает в секунду в 100 раз больше энергии, чем Солнце, то площадь ее поверхности должна быть в 1600 раз больше, а радиус — в 40 раз больше, чем Солнце. Такая звезда называется красным гигантом. Сходным образом можно доказать, что звезда вдвое более горячая, чем Солнце, но менее мощная имеет гораздо меньший диаметр. Такая звезда называется карликовой звездой. К примеру, диаметр звезды, уступающей Солнцу в блеске на 5 звездных величин и вдвое более горячей, будет в 40 раз меньше диаметра Солнца.

См. также статьи «Светимость», «Звездная величина», «Красный гигант», «Тепловое излучение».

ЗВЕЗДЫ 4: МАССА И СРОК ЖИЗНИ

Массу звезды Главной последовательности можно определить по ее светимости в соответствии с отношением между массой и светимостью, открытым сэром Артуром Эддингтоном. Изучая двойные звезды, Эддингтон смог показать, что светимость звезды Главной последовательности приблизительно пропорциональна кубу ее массы.

В результате применения ньютоновской теории тяготения к движению Земли вокруг Солнца известно, что масса Солнца составляет около 2×10^{30} кг. Для вычисления массы двух звезд в двойной системе необходимо знать расстояние между ними и орбитальный период. Расчеты производятся по третьему закону Кеплера, выраженному в следующей формуле:

масса (в солнечных массах) $\times$ период (годы)^2 = расстояние (в астрономических единицах)^3.

Массу отдельных звезд в двойной системе легко вычислить из общей массы, так как отношение массы одной звезды к массе другой обратно пропорционально отношению между радиусами их орбит.

Жизненный срок звезды зависит от ее массы, так как звезды состоят в основном из водорода, который является их «топливом». Протоны (то есть ядра водорода) соединяются в ядре звезды, образуя ядра гелия. В ходе этого процесса высвобождается энергия порядка 70 10^{12} Вт на каждый килограмм водорода в секунду. Поскольку Солнце излучает энергию порядка 4×10^{26} Вт, следовательно, водород в его ядре превращается в гелий со скоростью 6×10^{11} = 4×10^{26} / 70 x 10^{12} кг/с. Общая масса Солнца составляет 2×10^{30} кг, поэтому запасы его водородного топлива будут исчерпаны через $3{,}5 \times 10^{18}$ секунд, что приблизительно равно 10 млрд. лет. Для звезды с массой т, выраженной в эквиваленте солнечных масс, и светимостью L, выраженной в единицах солнечной светимости, срок жизни составит m/L сроков жизни Солнца. Поскольку светимость звезды Главной последовательности приблизительно пропорциональна кубу ее массы, то чем больше масса звезды, тем короче срок ее жизни.

См. также статьи «Двойные звезды», «Законы Кеплера», «Светимость», «Закон тяготения Ньютона».

ЗЕМЛЯ

Земля, третья по порядку от Солнца планета, представляет собой звезду среднего возраста в Галактике, которую мы привыкли называть Млечный Путь. Галактика состоит из сотен миллионов звезд. Возможность существования во Вселенной других планет, похожих на Землю, представляется довольно высокой. Жизнь на Земле развилась потому, что на нашей планете есть вода в жидкой форме, а поверхность Земли защищена от ультрафиолетового излучения Солнца атмосферой. Если бы Земля находилась гораздо ближе к Солнцу, то океаны испарились бы; если бы Земля находилась гораздо дальше от Солнца, океаны превратились бы в лед. Жизнь, скорее всего, не смогла бы развиться в такой обстановке. К счастью, на протяжении большей части земной истории, после формирования планеты около 4,5 млрд. лет назад, она двигалась вокруг Солнца по круговой орбите, сохраняя расстояние в 149,6 млн. км от Солнца с точностью до 0,01 %. Это расстояние в астрономии принято в качестве единицы длины для измерения расстояний между небесными телами в пределах Солнечной системы и называется астрономической единицей (а. е.).

По форме Земля представляет собой сферу, немного уплощенную у полюсов;[7] ее полярный радиус составляет 6357 км, что примерно на 13 км меньше экваториального радиуса. Термин «километр» первоначально определялся как 0,0001 расстояния от экватора до Северного полюса. Это определение было заменено другим, основанным на скорости света, согласно которому расстояние от экватора до Северного полюса составляет 9986 км. В центре Земли находится сплошное плотное ядро диаметром около 2500 км, окруженное жидким ядром диаметром около 8000 км. Вязкая мантия над внешним ядром переходит в твердую земную кору неравномерной толщины, составляющей в среднем примерно 40 км. В земной коре содержится значительно больше железа, чем в мантии, которая состоит из менее плотных силикатных материалов. Магнитное поле Земли создается в ее жидком ядре, возможно, в результате температурной конвекции потоков вещества, обладающих электрическим зарядом. Ни одна из других планет земного типа в Солнечной системе не обладает магнитным полем; это свидетельствует о том, что сейчас их недра находятся в твердом состоянии.

См. также статьи «Планеты!», «Атмосфера Земли».

ИНФРАКРАСНАЯ АСТРОНОМИЯ

Инфракрасное излучение является электромагнитным излучением с длиной волны от 740 нм[8] до примерно 1 мм.

Инфракрасное излучение от космических объектов поглощается парами воды в атмосфере, поэтому инфракрасные телескопы расположены либо на большой высоте, в условиях низкой влажности, либо на спутниках за пределами атмосферы. Инфракрасный телескоп — это большое вогнутое зеркало, фокусирующее излучение на инфракрасном датчике. Прибор должен быть охлажден, чтобы сам телескоп перестал испускать инфракрасное излучение. Трехметровый инфракрасный телескоп расположен на Гавайях, поскольку там очень сухой климат.

Инфракрасное излучение испускается космическими объектами недостаточно горячими для того, чтобы испускать свет. Облака пыли в космическом пространстве тоже испускают электромагнитное излучение в этой части спектра. Таким образом, инфракрасные телескопы могут предоставлять изображения объектов и облаков пыли в космосе, которые невозможно наблюдать с помощью оптических телескопов. В 1983 году в течение 10 месяцев на орбите находился инфракрасный астрономический спутник IRAS. За это время его 60-сантиметровый рефлектор передал изображение облаков пыли вокруг ближайших звезд. Было обнаружено, что далекие галактики тоже испускают значительные количества теплового излучения.

После запуска в 1995 году инфракрасной космической лаборатории ISO, астрономы более двух лет получали изображения объектов и облаков пыли в космосе. Новый инфракрасный космический телескоп с диаметром рефлектора 0,85 м должен быть выведен на орбиту в 2002 году.

См. также статьи «Атмосфера Земли», «Электромагнитное излучение».

КАТАЛОГ МЕССЬЕ

Шарль Мессье — французский астроном XVIII века — открыл в ночном небе более 100 объектов, которые не были кометами, звездами или планетами. Эти объекты были названы туманностями, из-за расплывчатых очертаний (в отличие от звезд, которые являются точечными объектами) и неподвижности по отношению к звездам, в отличие от планет или комет. Мессье обнаружил их в поисках комет, которые, как ему было известно, изменяют свои позиции среди звезд. Расплывчатые объекты, не изменявшие свое положение на небосводе, были занесены в каталог, который позднее получил название «Каталог Мессье».

К примеру, Крабовидная туманность, которая сейчас считается остатками сверхновой звезды, взорвавшейся в XI веке нашей эры, была первым объектом, занесенным в каталог Мессье, поэтому она известна под номером Ml. Мессье внес в свой каталог галактику из созвездия Андромеды под названием «Туманность Андромеды», или M31, поскольку он ничего не знал о галактиках. 40 объектов из каталога Мессье являются галактиками, состоящими из многих миллиардов звезд. Сама Вселенная состоит из бесчисленных галактик, удаляющихся друг от друга в результате Большого Взрыва. Другие объекты из каталога Мессье представляют собой либо шаровые звездные скопления в Галактике Млечный Путь, либо рассеянные звездные скопления или облака светящегося газа и пыли в спиральных рукавах Млечного Пути. На смену каталогу Мессье, включавшему 110 туманностей, в 1888 году пришел "Новый общий каталог туманностей и звездных скоплений» (NGC).[9] Однако названия туманностей и других объектов из каталога Мессье по-прежнему находятся в употреблении. Некоторые из них перечислены ниже.

Ml Крабовидная туманность — остатки сверхновой звезды в созвездии Тельца на расстоянии около 6500 световых лет.

M27 Планетарная туманность Гантель, расположенная на расстоянии менее 1000 световых лет.

M31 Туманность Андромеды — спиральная галактика, расположенная на расстоянии более 2 млн. световых лет.

M42 Туманность Ориона — самая яркая газопылевая туманность на небе в созвездии Ориона на расстоянии более 1500 световых лет.

M45 Плеяды — рассеянное звездное скопление в созвездии Тельца на расстоянии более 400 световых лет содержит диффузную туманность, состоящую из более чем 250 звезд.

M104 Сомбреро — спиральная галактика в созвездии Девы,

расположенная на расстоянии около 40 млн. световых лет.

См. также статьи "Галактики 3", "Сверхновая".

КВАЗАР

Квазар представляет собой астрономический объект, такой же яркий, как галактика, но гораздо меньшего размера, вроде звезды. Квазар — сокращение от термина "квазизвездный объект", что подразумевает его сходство со звездой. Квазары находятся на расстоянии в миллиарды световых лет, однако они достаточно яркие и доступны для наблюдения, несмотря на свои малые размеры. Звезда на таком расстоянии была бы слишком тусклой для наблюдения с помощью современных приборов.

Первый квазар был открыт в 1962 году, когда ранее обнаруженный астрономический радиоисточник, названный 3С 273, был отождествлен со звездой тринадцатой величины, имевшей красное смещение 0,15, что соответствовало скорости удаления в 15 % скорости света и расстоянию более 2 млрд. световых лет. Было рассчитано, что он излучает в 1000 раз больше света, чем наша Галактика Млечный Путь, однако сила его светового потока год от года претерпевала изменения. Такой масштаб, соответствующий времени прохождения света через поперечник объекта, указывает, что его размер не превышает порядка нескольких световых лет. Для сравнения — диаметр диска Млечного Пути превышает 100 000 световых лет. Впоследствии было обнаружено множество квазаров с красным смещением в интервале между 1 и 4, соответствующем расстоянию от 5 до 10 млрд. световых лет и скорости отдаления свыше 85 % световой, обусловленной расширением Вселенной после Большого Взрыва. Квазары принадлежат к древнейшим и наиболее отдаленным объектам в наблюдаемой Вселенной; до сих пор не обнаружено свидетельств существования квазаров на расстоянии ближе 1 млрд. световых лет.

Подробные радио-изображения квазаров указывают на присутствие быстродвижущихся облаков и радиоактивных струй вещества. Возможно, это результат присутствия массивной черной дыры в центре галактики на раннем этапе ее формирования. Крупная галактика с массивной черной дырой в центре уничтожает любые более мелкие галактики, сталкивающиеся с ней, которые затем бесследно исчезают в черной дыре.

См. также статьи "Большой Взрыт", "Черные дыры", "Звездная величина", "Красное смещение".

КОМЕТЫ

Комета представляет собой малое небесное тело, которое движется вокруг Солнца по сильно вытянутой эллиптической орбите. Комета не может покинуть Солнечную систему из-за силы тяготения Солнца, которая замедляет ее, когда она движется от Солнца и разгоняет, когда она приближается к Солнцу. Когда комета находится далеко от Солнца, она замерзает, становится темной и невидимой с Земли. По мере приближения к Солнцу поверхность кометы разогревается солнечным излучением и начинает испускать облака светящегося газа и пыли, которые образуют видимый хвост кометы, направленный в сторону, противоположную Солнцу.

Период обращения долгопериодических комет вокруг Солнца составляет сотни тысяч лет. В 1997 г. комета Хейла — Боппа вернулась в Солнечную систему после путешествия, продолжавшегося несколько тысяч лет, в течение которого она удалилась на огромное расстояние за орбиту Плутона. В период максимальной яркости комета Хейла — Боппа была легко различима в ночном небе даже перед закатом и вскоре после восхода Солнца. Считается, что долгопериодические кометы образуются в Облаке Оорта,[10] собрании небесных тел, вращающихся по орбите вокруг Солнца на расстоянии примерно одного светового года. Близкопроходящая звезда может притянуть объект из Облака Оорта и перевести его на эллиптическую орбиту вокруг Солнца, в результате чего он становится долгопериодической кометой.

Период обращения короткопериодических комет составляет не более 100 лет. Комета Галлея возвращается в Солнечную систему примерно раз в 76 лет. Подробные наблюдения этой кометы были проведены с помощью автоматического космического зонда "Джотто" в 1985 г., когда она вернулась во внутреннюю часть Солнечной системы. Эти наблюдения заставили астрономов отказаться от модели "грязного снежка", как ранее именовались кометы, в пользу модели "ореха в шоколаде", так как было обнаружено, что из-под гладкой и темной поверхности кометы вырываются реактивные струи газа, образуемые в результате сильного внутреннего давления под воздействием солнечного тепла. Возможно, короткопериодические кометы некогда были долгопериодическими, переведенными на более короткую орбиту притяжением Юпитера при прохождении через Солнечную систему. С другой стороны, они могли возникнуть в поясе

астероидов, состоящем из тысяч каменных обломков и расположенном на одной плоскости с эклиптикой. Это так называемый пояс Койпера, вращающийся вокруг Солнца за орбитой Плутона.

См. также статьи "Астероиды", "Орбиты планет".

КОПЕРНИК

Коперник восстановил гелиоцентрическую модель Вселенной, которая впервые была предложена Аристархом Самосским[11] почти за 2000 лет до Коперника, но спустя 100 лет отвергнута в пользу геоцентрической модели Птолемея. Птолемей изобрел свою модель для объяснения путей движения планет через созвездия. Согласно Птолемею, Солнце вращается вокруг Земли, а планеты движутся по окружностям, или эпициклам, с центрами, которые в свою очередь перемещаются вокруг Земли, неподвижно закрепленной в центре небесной сферы. Эта модель годилась для предсказания маршрутов планет через созвездия и снискала благосклонность у церкви, поскольку соответствовала идее, что человечество занимает особое место во Вселенной.

Коперник родился в Польше в 1472 году и еще в юности начал проявлять интерес к разным наукам. К тому времени птолемеевская модель Вселенной стала очень усложненной. В XV веке для объяснения движения светил требовалось не менее 80 сфер. В течение многих лет Коперник изучал причины, по которым были отвергнуты другие модели, альтернативные птолемеевской. Он реконструировал модель Птолемея, и в конечном счете обнаружил, что ее можно упростить до набора концентрических колец вокруг Солнца, представляющих орбиты планет. Он опасался, что его революционные идеи встретят насмешку у современников, и не публиковал результаты своей работы почти до самой смерти. Исследования Коперника в течение многих лет оставались почти незамеченными, так как он представил их в виде математического решения, а не новой научной теории. Однако в 1600 году Джордано Бруно был сожжен на костре по приговору суда инквизиции за то, что он воспользовался моделью Коперника для поддержки своей теории о безграничности физической Вселенной и отсутствии рая за пределами твердой небесной сферы. Таким образом, Джордано Бруно привлек внимание к модели Коперника через 60 лет после его смерти (в 1543 году). Впоследствии Галилео Галилей обнаружил астрономические доказательства в поддержку модели Коперника, и католическая церковь была вынуждена признать ее в 1822 году, спустя долгое время после того, как она была принята в научном сообществе.

См. также статьи "Планетарная модель Птолемея", "Галилей".

КОСМИЧЕСКИЙ ТЕЛЕСКОП "ХАББЛ"

Космический телескоп "Хаббл" представляет собой телескоп-рефлектор, вращающийся по земной орбите на высоте более 500 км. Он снабжен ПЗС[12] -камерой и другими инструментами, позволяющими вести наблюдения не только в видимом диапазоне, но и в инфракрасном и ультрафиолетовом. Космический телескоп "Хаббл" был выведен на орбиту в 1990 году с помощью космического челнока. После того как на рефлекторе телескопа диаметром 2,4 м была установлена корректирующая оптика (в 1993 году), он позволил получить поразительные изображения многих космических объектов,[13] причем более четкие и яркие, чем полученные с помощью наземных телескопов.

Изображения объектов, наблюдаемых с помощью наземных телескопов, выглядят расплывчатыми из-за атмосферной рефракции, а также из-за дифракции в зеркале объектива. Телескоп "Хаббл" позволяет вести более детальные наблюдения. Помимо других преимуществ, он не подвержен воздействию абсорбции света в земной атмосфере, поэтому воспринимает больше света, чем такой же телескоп на Земле. Большим сюрпризом для астрономов, использующих телескоп "Хаббл", было открытие скоплений галактик в направлениях, которые ранее считались пустым космическим пространством.

С помощью космического телескопа "Хаббл" астрономы смогли более точно измерить расстояния до звезд и галактик, уточнив связь между средней абсолютной величиной цефеид и периодом изменения их блеска. Эта связь затем использовалась для более точного определения расстояний до других галактик через наблюдение отдельных цефеид в этих галактиках.

Одним из первых экспериментов с космическим телескопом "Хаббл" было наблюдение отдельных цефеид в спиральной галактике М100, имевшей известную величину красного смещения, в соответствии с которой ее скорость удаления составляла 1400 км/с. Было определено, что расстояние до М100 составляет 55 млн. световых лет, что давало значение постоянной Хаббла в 25 км/с на миллионов световых лет, с точностью до 20 %. Согласно этому наблюдению, возраст видимой Вселенной составил примерно 8 млрд. лет. Последующие наблюдения дали величину постоянной Хаббла в 20 км/с на миллион световых лет, что соответствует возрасту 12 млрд. лет.

См. также статьи "Цефеиды", "Галактики 1", "Галактики 3", "Телескопы 1".

КОСМИЧЕСКОЕ МИКРОВОЛНОВОЕ ФОНОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Микроволновое излучение — это электромагнитное излучение с длиной волны от 1 до 100 мм. Микроволновое фоновое излучение, приходящее к нам из космоса со всех сторон, было обнаружено американскими учеными Арно Пензиасом и Робертом Уилсоном в 1965 году во время испытаний воздушной системы, предназначенной для приема радиосигналов с длиной волны 74 мм со спутника. В ходе дальнейших исследований было установлено, что это фоновое излучение обладает таким же распределением энергии, как излучение от объекта с фоновой температурой 2,7К, то есть его спектр близок к спектру абсолютно черного тела.

Микроволновое фоновое излучение испускалось веществом на ранних стадиях образования Вселенной после Большого Взрыва.[14]

До открытия фонового излучения теория Большого Взрыва была не более чем одним из возможных объяснений расширения Вселенной. Другая теория, известная как теория стабильного состояния, рассматривала Вселенную как нечто вечное и не имеющее границ. Согласно этой теории, вещество создавалось в гигантских космических провалах между галактиками, расталкивая их в стороны и заставляя Вселенную расширяться по мере образования новых галактик. Существование микроволнового фонового излучения можно объяснить с помощью теории Большого Взрыва, но не теории стабильного состояния.

Микроволновое фоновое излучение состоит из фотонов, высвобожденных после Большого Взрыва, когда Вселенная начала расширяться и остывать. До этого времени фотоны постоянно поглощались и снова испускались атомами, составлявшими недавно возникшую Вселенную. По мере расширения и остывания Вселенной была достигнута критическая фаза, когда фотоны и атомы "отделились" друг от друга. Считается, что это произошло, когда возраст Вселенной не превышал 100 000 лет, а ее размер составлял не более 0,001 от нынешнего размера. Фотоны, высвобожденные на этом этапе, увеличивали свою длину волны в результате расширения Вселенной за время полета через космическое пространство, поэтому теперь они находятся на микроволновом отрезке спектра электромагнитного изучения.

См. также статьи "Большой Взрыв", "Электромагнитное

излучение".

КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ

Оптический спектр звезды или галактики представляет собой непрерывную полосу, пересеченную темными вертикальными линиями, соответствующими длинам волн, характерным для элементов во внешних слоях звезды. Линии спектра смещаются из — за движения звезды, если она приближается к нам или удаляется от нас. Это пример доплеровского эффекта, который заключается в изменении наблюдаемой длины волны, излучаемой источником, находящимся в движении по отношению к наблюдателю. Спектральные линии смещаются в область более длинных волн (то есть обнаруживают красное смещение), если источник света отдаляется, или в область коротких волн, если источник света приближается (так называемое голубое смещение).

Для света, испускаемого монохроматическим источником с частотой f, который движется со скоростью и, можно доказать, что смещение длины волны $\Delta\lambda = \upsilon/f = (\nu/c)\ \lambda$, где с представляет собой скорость света, а λ — длину волны. Таким образом, скорость отдаленной звезды или галактики можно измерить на основании смещения длины волны $\Delta\lambda$, пользуясь уравнением $\upsilon = c\Delta\lambda/\lambda$.

В 1917 году, наблюдая спектры различных галактик с помощью шестидесятисантиметрового телескопа в обсерватории Лоуэлла, в Аризоне, Весто Слайфер обнаружил, что отдельные спиральные галактики отдаляются от нас со скоростью более 500 км/с — гораздо быстрее, чем любой объект в нашей Галактике. Термин "красное смещение" был введен в употребление как показатель отношения изменения длины волны к испускаемой длине волны. Так, красное смещение 0,1 означает, что источник отдаляется от нас со скоростью 0,1 скорости света. Эдвин Хаббл продолжил работу Слайфера, оценив расстояние до двух десятков галактик с известным красным смещением. Так был сформулирован закон Хаббла, который гласит, что скорость удаления галактики пропорциональна расстоянию до нее.

В 1963 году Мартин Шмидт обнаружил первый квазар в результате открытия, что спектральные линии звездо-подобного объекта 3C 273 смещены в красную сторону спектра примерно на 15 %. Он пришел к выводу, что этот объект отдаляется со скоростью 0,15 световой и должен находиться на расстоянии более 2 млрд. световых лет, а, следовательно, он гораздо более мощный, чем обычная звезда. С тех пор было открыто много других квазаров.

См. также статьи "Закон Хаббла", "Квазар", "Спектр оптический".

КРАСНЫЙ ГИГАНТ

Гигантской звездой называется звезда, значительно превосходящая размерами наше Солнце. Если температура поверхности такой звезды ниже, чем на поверхности Солнца, ее цвет бывает оранжевым или красным, а не желтым, поэтому звезда называется красным гигантом. Абсолютная звездная величина красного гиганта колеблется около нуля или имеет отрицательную величину, поэтому на диаграмме Герцшпрунга — Ресселла он расположен высоко над линией Главной последовательности. Такая звезда излучает минимум в 100 раз больше света, чем Солнце, так как различие в абсолютной величине составляет около 5; однако температура Солнца вдвое превышает температуру на поверхности красного гиганта, поэтому Солнце излучает в 16 раз больше света на единицу площади (так как количество излучаемого света пропорционально температуре в четвертой степени). Площадь красного гиганта по меньшей мере в 1600 раз превосходит площадь Солнца, поэтому его диаметр примерно в 40 раз больше.

Арктур в созвездии Волопаса является оранжево-красной звездой с видимой величиной около -0,1; он расположен на расстоянии примерно 37 световых лет от Солнца. Его можно наблюдать в Северном полушарии, если глядеть прямо на юг незадолго до полуночи в середине и конце мая. Его абсолютная величина составляет -0,4, а диаметр в 40 раз больше диаметра Солнца.

Звезды, превосходящие красных гигантов на 5 или более звездных величин на диаграмме Герцшпрунга — Ресселла, называются сверхгигантами. Их диаметр может превосходить солнечный до 300 раз. Самый крупный сверхгигант, Антарес, является звездой класса M с видимой величиной 0,9. Он расположен на расстоянии 520 световых лет от Солнца. Его абсолютная величина равна -5,1, а диаметр почти в 300 раз больше, чем у Солнца.

Красная звезда, или сверхгигант, — это звезда, покинувшая Главную последовательность в результате коллапса ядра звезды с последующим вздуванием и остыванием внешних ее слоев. Это происходит, когда весь водород в ядре звезды превращается в гелий. Когда весь гелий в ядре превращается в более тяжелые элементы, гигантская звезда коллапсирует и становится белым карликом или сверхновой.

См. также статьи "Эволюция звезд", "Диаграмма Герцшпрунга — Ресселла ", "Звездная величина ", "Тепловое излучение"

КРАТЕРЫ

Кратером называется чашеобразное углубление на поверхности планеты или малого небесного тела, обычно имеющее внешнее кольцо, выступающее над поверхностью за пределами кратера. Происхождение кратера может быть вулканическим или метеоритным. Кратеры на Земле подвержены эрозионному процессу под воздействием ветра и дождя. Считается, что кратер, обнаруженный неподалеку от мексиканского побережья, возник 65 млн. лет назад в результате падения метеорита, что привело к гибели динозавров.

Поверхность Меркурия, изобилующая кратерами, в основном оставалась неизменной со времени формирования планеты, так как на Меркурии нет атмосферы, а следовательно, и процессов эрозии. Как полагают астрономы, бассейн Калорис на Меркурии, крупная кольцевая структура более 1300 км в диаметре, образовался в результате метеоритного удара.

Лунные кратеры сильно различаются по диаметру; самый большой кратер на видимой стороне Луны имеет диаметр 295 км. Кольцевой вал крупного кратера может на тысячи метров возвышаться над его дном. По сравнению с этим Большой Каньон в Аризоне может показаться незначительным, поскольку его длина не превышает 10 км при глубине 1,5 км.

Согласно современным представлениям, большинство лунных кратеров образовалось в результате метеоритных ударов на раннем этапе развития Солнечной системы как следствие столкновения с тучами "космического мусора", вращавшегося после формирования планет вокруг Солнца. Светлые и темные области, видимые на поверхности Луны, считались горами и морями до того, как Галилей воспользовался телескопом для наблюдения лунных кратеров. Тот факт, что темные области менее густо покрыты кратерами, чем светлые, подразумевает, что большая часть ударных кратеров образовалась до того, как лава из лунных недр прорвалась на поверхность и покрыла светлые области, образовав "моря". Принято считать, что эти лавовые выбросы, покрывающие огромные области лунной поверхности, образовались в результате ударов колоссальных метеоритов. Характерной чертой некоторых лунных кратеров являются "лучи", расположенные на поверхности и расходящиеся во все стороны от кратера. Эти линии образованы из поверхностного материала, выброшенного метеоритным ударом и разлетевшегося в разных направлениях.

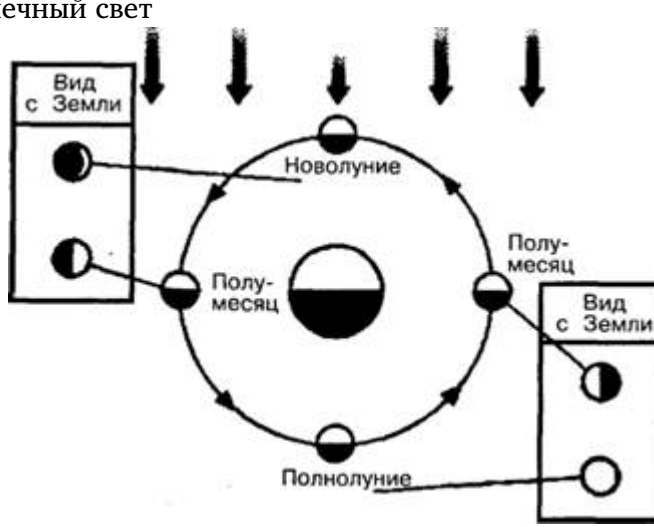
См. также статьи "Луна 1", "Меркурий".

ЛУНА 1: НАБЛЮДЕНИЯ С ЗЕМЛИ

Луна вращается вокруг Земли на среднем расстоянии 384 000 км с периодом 27,3 суток, но при наблюдении с Земли она проходит через полный цикл своих фаз через каждые 29,5 суток. Это происходит потому, что часть освещенной Солнцем поверхности Луны, видимой с Земли, изменяет свою форму по мере того, как Луна движется вокруг Земли.

В новолуние можно видеть тонкий серп Луны, концы которого указывают в восточном направлении. Луна в этот период расположена между Землей и Солнцем таким образом, что почти вся ее освещенная поверхность обращена от Земли. По мере того как Луна движется по своей орбите на восток, часть ее освещенной Солнцем поверхности, видимая с Земли, постепенно возрастает (или прибывает) до полнолуния, когда на Земле можно наблюдать весь лунный диск. Тогда Луна находится в направлении от Солнца и обращена к Земле. При дальнейшем движении по орбите часть освещенной Солнцем лунной поверхности, видимая с Земли, уменьшается (или убывает) до тонкого полумесяца, концы которого указывают в западном направлении. Затем Луна исчезает и снова появляется в новолуние.

Солнечный свет



Фазы Луны

При наблюдении с Земли на лунной поверхности выделяются яркие и темные области, которые называются лунными "горами" и "морями" соответственно. Кратеры можно видеть на лунной поверхности повсюду, но лучше всего они выделяются на краю

освещенной Солнцем части, где их выступы отбрасывают на поверхность длинные тени. "Моря" представляют собой сравнительно ровные области, которые, как считается, вызваны обширными лавовыми излияниями в результате ударов крупных метеоритов на раннем этапе лунной истории, когда ее недра находились частично в жидком состоянии. Полусфера Луны, обращенная к Земле, никогда не меняется, поскольку период вращения Луны вокруг своей оси точно такой же, как период ее вращения вокруг Земли. Этот эффект обусловлен "приливными" гравитационными силами, которые воздействуют на Луну со стороны Земли.

См. также статью "Кратеры".

ЛУНА 2: ЛИБРАЦИЯ

Луна всегда обращена к Земле одной и той же стороной, поскольку она вращается вокруг своей оси со средней скоростью своего вращения по орбите вокруг Земли. Для земного наблюдателя Луна движется в восточном направлении через созвездия около плоскости эклиптики, медленно поворачиваясь против часовой стрелки вокруг своей оси, так что к Земле всегда обращена лишь одна ее сторона. Однако мы можем видеть более половины лунной поверхности, так как иногда определенная ее часть "вокруг краев" и над "полюсами" может быть видна. Эти эффекты известны под соответственными названиями либрация по широте и либрация по долготе.

Либрация по долготе достигает в максимуме ± 7˚45 и происходит потому, что орбита Луны эллиптическая, а не круговая и расстояние от нее до Земли изменяется в пределах от 360 000 км до 406 000 км. Скорость движения Луны по ее орбите тоже незначительно изменяется: она наиболее велика, когда Луна находится ближе всего к Земле, и наименее велика при наибольшем отдалении. Поскольку скорость вращения Луны вокруг ее оси не меняется, а скорость ее орбитального вращения изменяется в незначительных пределах, отдельные участки другой стороны Луны иногда становятся видимыми с Земли.

Когда Луна движется быстрее среднего, мы видим часть ее обычно невидимой поверхности у западного края лунного диска, когда Луна движется медленнее среднего, мы видим часть ее обычно невидимой поверхности у восточного края лунного диска.

Либрация по широте возникает потому, что орбита Луны наклонена под углом почти в 7˚ по отношению к земной орбите (к эклиптике). Когда Луна находится в высочайшей точке своей орбиты (то есть наиболее отдаленной над плоскостью земной орбиты), мы можем заглянуть под ее южный полюс и увидеть часть поверхности с другой стороны. Когда Луна находится в низшей точке своей орбиты (то есть наиболее отдаленной под плоскостью земной орбиты), мы можем заглянуть через ее северный полюс и увидеть часть поверхности с другой стороны. Либрация по широте в максимуме достигает ±6˚41.

См. также статью "Небесная сфера 2".

ЛУНА 3: КОСМИЧЕСКИЕ МИССИИ

Лунная поверхность — среда, враждебная для человека, поскольку там нет атмосферы, защищающей от частиц высоких энергий и ультрафиолетового солнечного излучения. Температура на экваторе меняется от 130 °С в середине дня до около -180 °С ночью, поэтому объекты, расположенные на поверхности у лунного экватора, подвержены гораздо большим температурным колебаниям, чем на Земле. В полярных регионах температурные колебания значительно меньше, так как Солнце стоит ниже над горизонтом, чем на экваторе. В глубине кратеров около полюсов не исключается присутствие льда, который может стать источником воды для будущих колоний землян на Луне.

Космические миссии на Луну стали возможны лишь в результате успешного сооружения многоступенчатых ракет, таких, как мощная ракета-носитель "Сатурн", которая унесла в космос астронавтов "Аполлона".

Вот перечень главных космических миссий к Луне.

Русские автоматические лунные зонды

В 1959 году зонд "Луна-2" рухнул в Море Спокойствия, а зонд "Луна-3" обогнул Луну и послал на Землю первые фотографии ее обратной стороны; в 1966 году аппарат "Луна — 13" совершил первую успешную мягкую посадку на Луне, а в 1970 году спускаемый аппарат "Луна-16" доставил на Землю первые образцы лунных пород.

Автоматические американские зонды "Рейнджер"

В 1 960-х годах американские орбитальные зоны и спускаемые аппараты провели детальную фотосъемку значительной части лунной поверхности.

Миссии "Аполлона"

Состоялось несколько полетов в конце 1960-х — начале 1970-х годов; самым известным был исторический полет "Аполлона11" в 1969 году, доставившего на Луну Нейла Армстронга (а также Эдвина Олдрина и Майкла Коллинза), который стал первым

человеком, ступившим на ее поверхность;[15] сейсмометры, оставленные на Луне "Аполлоном" и другими космическими аппаратами, зарегистрировали "лунотрясения", которые оказались гораздо менее мощными, чем землетрясения; кроме того, на поверхности некоторых лунных регионов с Земли наблюдались выбросы газа.

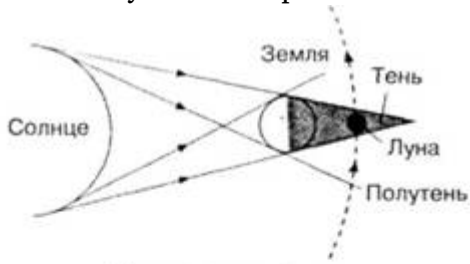
Непилотируемые полеты после завершения программы "Аполлон"

Автоматический зонд "Клементина" в 1994 году определил присутствие льда на южном полюсе Луны, а "Лунный изыскатель" в 1998 году подтвердил присутствие больших количеств льда у лунных полюсов.

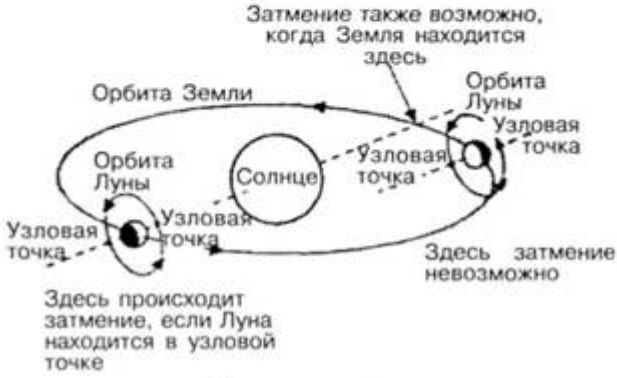
См. также статью "Кратеры!".

ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ

Солнечные и лунные затмения происходят, когда Земля, Солнце и Луна находятся на одной линии. Когда Луна находится точно напротив Солнца по отношению к Земле, можно наблюдать лунное затмение, так как Луна проходит через земную тень. При полном лунном затмении Луна не исчезает совершенно, так как часть солнечных лучей преломляется в земной атмосфере и попадает в область тени. Поскольку этот эффект максимален для красной части спектра, лунный диск при полном затмении может приобрести тускло-красный или медный оттенок. Незадолго перед полным затмением или сразу же после него на крае лунного диска могут появиться яркие точки, вызванные преломлением солнечного света на краях кратеров и других выступающих элементов лунной поверхности.



Лунное затмение



Узловые точки

См. также статьи "Кратеры!", "Солнечные затмения".

Лунное затмение не происходит каждое полнолуние. Причина заключается в том, что лунная орбита наклонена на 5° по отношению к земной. В большинстве случаев во время полнолуния Луна проходит над земной тенью или под ней. Две точки, в которых орбита Луны пересекается с плоскостью земной

орбиты, называются узлами. Для того чтобы произошло солнечное или лунное затмение, Луна должна находиться в одной из этих двух точек, а сами точки должны находиться на линии, соединяющей Землю и Солнце.

МАРС 1: НАБЛЮДЕНИЯ С ЗЕМЛИ

Марс — ближайшая (за исключением Венеры) к Земле планета Солнечной системы. Его орбита расположена за орбитой Земли, и он совершает полный оборот вокруг Солнца каждые 1,88 года на среднем расстоянии 1,52 астрономической единицы от Солнца. Его диаметр составляет немногим более половины земного, а день на Марсе продолжается на 37 минут дольше, чем на Земле. Ось вращения Марса наклонена примерно на 25° по отношению к оси его орбиты и очень медленно изменяет свое направление. Сила тяготения на поверхности Марса составляет 0,38 земной, а скорость убегания — 5,0 км/с, что меньше половины скорости убегания на поверхности Земли.

Марс находится в противостоянии с Землей каждые 2 года и 50 дней. Благодаря характерному рыже-красному оттенку его легко различить в ночном небе, так как он постепенно движется через созвездия эклиптики. Его возвратное (ретроградное) движение в течение примерно одного месяца, когда Земля догоняет и перегоняет его незадолго до и после противостояния, можно легко проследить на фоне звезд. При наблюдении в телескоп в канун противостояния Марс виден как красноватый диск с темными пятнами и белыми полярными шапками. Размер полярных шапок на Марсе изменяется в соответствии со сменой времен года из-за наклона оси вращения планеты. Поскольку Марс имеет эллиптическую орбиту, его расстояние от Солнца изменяется в пределах от 1,38 астрономической единицы до 1,66 астрономической единицы, а расстояние от Земли в период противостояния изменяется от 0,38 астрономической единицы до 0,66 астрономической единицы. Марс лучше всего наблюдать, когда он находится в противостоянии при наименьшем расстоянии от Земли. Такое наиболее благоприятное расположение планет происходит каждые 14–15 лет в августе или сентябре.

У Марса есть два спутника, Фобос и Деймос,[16] которые считаются захваченными астероидами. Фобос совершает оборот вокруг Марса каждые 7 часов 39 минут на высоте примерно 6000 км, Деймос вращается вокруг планеты на высоте около 20 000 км с периодом 30 дней.

См. также статьи "Планеты", "Орбиты планет".

МАРС 2: НАБЛЮДЕНИЯ С КОСМИЧЕСКИХ ЗОНДОВ

Космические зонды, отправленные на Марс, такие, как "Маринер-9" в 1971 году и "Марс Глобал Сарвейор" в 1997 году, показали, что марсианская поверхность усеяна камнями, густо покрыта кратерами и имеет большие пустыни, где возникают пыльные бури, охватывающие обширные регионы планеты. Теперь известно, что красноватый оттенок Марса, некогда объяснявшийся особенностями состава марсианской атмосферы, вызван цветом минералов на его поверхности. Орбитальные космические зонды провели детальную фотосъемку гор, каньонов, вулканов, долин, хребтов и сухих речных русел. Гору Олимп — вулкан диаметром 600 км у основания и высотой 23 км — можно наблюдать с Земли с помощью достаточно мощного телескопа. Сейчас считается, что полярные шапки Марса состоят из твердого углекислого газа и обычного льда. Северная полярная шапка уменьшается в весеннее время, что подразумевает таяние углекислого льда; обычный лед не тает при такой низкой температуре. Высохшие речные русла явно свидетельствуют о том, что вода на Марсе некогда существовала в жидком состоянии.

Марсианская атмосфера состоит из монооксиси углерода, углекислого газа, кислорода и водорода при давлении менее 1 % от атмосферного давления Земли на уровне моря. Хотя иногда в атмосфере образуются тонкие облака, тепловое излучение с поверхности по ночам приводит к тому, что температура на поверхности Марса опускается с максимальной отметки +10 °С в середине дня на экваторе до -75 °С ночью и до -20 °С на полярных шапках. Жидкая вода не присутствует на Марсе, поскольку водяной лед превращается непосредственно в водяной пар при очень низком давлении. Однако в прошлом наклон оси вращения планеты мог составлять до 35°, что приводило к гораздо более жаркому климату и более высокому атмосферному давлению на поверхности планеты. Космические зонды серии "Викинг", приземлявшиеся на Марсе в 1976–1977 годах, не обнаружили свидетельств жизни в образцах почвы, которые впоследствии были проанализированы, хотя возможно, что жизнь в виде микробов существует в отдельных "карманах" внутри кратеров. Явных доказательств существования жизни не было обнаружено и при дальнейших анализах в 1977 году, выполненных "марсоходом", опущенным на поверхность планеты с помощью

аппарата "Марс Патфайндер". Однако наличие окатанной гальки в некоторых марсианских отложениях свидетельствует о том, что вода существовала на Марсе в жидком состоянии.

См. также статьи "Атмосфера Земли", "Кратеры".

МЕРКУРИЙ

Меркурий — ближайшая к Солнцу планета, поэтому его очень трудно наблюдать с Земли. Его угловое расстояние от Солнца никогда не превышает 28°; это означает, что он заходит не позднее, чем через 2 часа после заката и восходит не раньше, чем за 2 часа до рассвета. Он расположен на расстоянии 0,39 астрономических единиц от Солнца и совершает полный оборот вокруг него каждые 88 суток. Сильно эллиптическая орбита Меркурия, варьирующая от 0,31 до 0,47 астрономических единиц от Солнца, наклонена под углом 7° по отношению к земной орбите.

Диаметр Меркурия составляет около 0,4 диаметра Земли. Считается, что температура на его поверхности поднимается до 35 °C в середине дня и падает почти до -110 °C в середине ночи. Меркурий совершает полный оборот вокруг своей оси каждые 59 суток, то есть примерно за 2/3 своего года. Сила тяготения на его поверхности (0,36 земной) недостаточно велика, чтобы удерживать атмосферу.[17] Поверхность Меркурия была сфотографирована космическим зондом "Маринер -10", который дважды пролетел мимо планеты — в 1974 году и в 1975 году, — послав на Землю фотографии кратеров, гор и долин. Считается, что кольцевая структура бассейна Калорис диаметром 1300 км с углубленным ложем, окруженным горами до двух километров высотой, образовалась в результате удара крупного метеорита.

Меркурий периодически можно наблюдать, когда он проходит прямо между Землей и Солнцем. Если спроецировать изображение Солнца на подходящую поверхность, то можно видеть черную точку, постепенно движущуюся по солнечному диску. Этого не происходит каждый раз, когда Меркурий проходит между Землей и Солнцем, так как наклон орбиты Меркурия по отношению к земной орбите превосходит угловую ширину солнечного диска.

Перигелий орбиты Меркурия постепенно движется вперед со скоростью 0,16° за 100 лет. Этот эффект, открытый в 1859 году, нельзя полностью объяснить с использованием ньютоновской теории тяготения. В1916 году Эйнштейн убедительно объяснил его с помощью своей общей теории относительности.

См. также статьи "Эйнштейн", "Планеты", "Орбиты планет".

МЕТЕОРЫ И МЕТЕОРИТЫ

Метеором называется космическая частица, которая попадает в земную атмосферу на высокой скорости и полностью сгорает, оставляя за собой яркую светящуюся траекторию, в просторечии называемую падающей звездой. Продолжительность этого явления и цвет траектории могут меняться, хотя большинство метеоров появляется и исчезает за долю секунды.

Метеорит представляет собой более крупный фрагмент космического вещества, который не полностью сгорает в атмосфере и падает на Землю. Вокруг Солнца вращается множество таких фрагментов, различающихся по размеру от нескольких километров до менее 1 мм. Некоторые из них являются частицами комет, подвергшихся распаду или прошедших через внутреннюю часть Солнечной системы.

Единичные метеоры, которые попадают в земную атмосферу случайно, называются спорадическими метеорами. В определенное время, когда Земля пересекает орбиту кометы или остатков кометы, случаются метеорные дожди.

При наблюдении с Земли траектории метеоров во время метеорного дождя как будто исходят из определенной точки созвездия, которая называется радиантом метеорного дождя. Этот феномен возникает из-за того, что частицы находятся на одной орбите с кометой, фрагментами которой они являются. Они попадают в атмосферу Земли с определенного направления, соответствующего направлению орбиты при наблюдении с Земли. К наиболее заметным метеорным дождям относятся Леониды (в ноябре) и Персеиды (в конце июля). Ежегодно метеорный дождь бывает особенно сильным, когда частицы собираются в плотный рой на орбите и Земля проходит через этот рой.

Метеориты, как правило, бывают железными, каменными или железокаменными. Скорее всего, они образуются в результате столкновений между более крупными телами в поясе астероидов, когда отдельные каменные фрагменты разлетаются по орбитам, пересекающим орбиту Земли. Самый крупный из обнаруженных метеоритов весом в 60 тонн упал в Юго-Западной Африке. Считается, что падение очень крупного метеорита ознаменовало конец эпохи динозавров много миллионов лет назад. В 1969 году метеорит распался в небе над Мексикой, разбросав тысячи фрагментов на большой площади. Последующий анализ этих фрагментов привел к теории, согласно которой метеорит образовался в результате взрыва ближайшей сверхновой несколько миллиардов лет назад.

См. также статьи "Атмосфера Земли", "Кометы", "Сверхновая".

МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ

Солнце — одна из многих миллиардов звезд в Млечном Пути, спиральной Галактике диаметром около 100 000 световых лет. Солнце расположено в одном из рукавов спиральной Галактики. Сама Галактика вращается, совершая один полный оборот примерно за 240 млн. лет.

Тот факт, что скорость вращения внешних спиральных рукавов почти совпадает со скоростью вращения внутренних рукавов, указывает на присутствие внутри Галактики темного вещества.

Расположение Солнца

Шаровые скопления расположены выше и ниже плоскости спиральных рукавов. Из — за пылевых облаков свет, излучаемый ядром Галактики, не доходит до нас. Однако пыль не влияет на распространение радиоволн, которые были использованы для картирования структуры Млечного Пути. Горячие голубые звезды, богатые металлами, которые называются звездами первого поколения, преобладают в спиральных рукавах, в то время как бедные металлами красные гиганты, называемые звездами второго поколения, преобладают в шаровых скоплениях и в центре Галактики. Считается, что звезды поколения II сформировались, когда возраст Вселенной ненамного превышал 1 млрд. лет. Короткоживущие массивные звезды поколения II, образовавшиеся в спиральных рукавах Галактики в ту эпоху, давно превратились в сверхновые звезды и взорвались, оставив богатые металлом пылевые облака, из которых впоследствии сформировались звезды поколения I.

В ясную ночь Млечный Путь предстает перед невооруженным глазом как тусклая светящаяся лента неправильной формы, пересекающая небосвод. Центр Галактики расположен в направлении созвездия Стрельца, хотя между Солнцем и галактическим ядром находятся два спиральных рукава. Наш

рукав Млечного Пути называется рукавом Ориона в честь созвездия Ориона, которое расположено в том же спиральном рукаве, что и Солнечная система.

См. также статьи "Темное вещество", "Галактики 3", "Сверхновая".

МОДЕЛИ ВСЕЛЕННОЙ

В 1929 году Элвин Хаббл обнаружил, что, чем дальше находится галактика, тем быстрее она отдаляется от нас. Этот феномен объясняется теорией о расширении Вселенной. За два века до открытия Хаббла Исаак Ньютон осознал, что если Вселенная конечна, то звезды не могут быть неподвижными, иначе они оказались бы притянутыми друг к другу силой своего тяготения и собрались в огромную массу, но у Ньютона не было доказательств такого движения, поэтому Ньютон считал, что Вселенная статична и бесконечна.

Ньютоновская модель Вселенной оставалась неизменной до появления так называемого парадокса Ольберса.[18] Он основан на очень простом наблюдении, а именно, что ночное небо темное, а не светлое! Это на первый взгляд тривиальное наблюдение было впервые проанализировано Генрихом Ольберсом в 1826 году. Он математически доказал, что если бы Вселенная состояла из бесконечного количества звезд, то небо постоянно оставалось бы ярким. Отсюда он заключил, что Вселенная конечна, так как ночью небо темное. Поскольку конечная и статичная Вселенная должна коллапсировать согласно законам Ньютона, Ольберс пришел к выводу, что Вселенная расширяется.

Эйнштейн воспользовался своей общей теорией относительности для предсказания того, что конечная и статичная Вселенная без границ возможна, подобно поверхности Земли, но только не в трех измерениях, а в четырех. Эйнштейну пришлось ввести в свои уравнения новый вид отталкивающей силы, действие которой проявлялось лишь в космологических масштабах. Эйнштейн считал эту отталкивающую силу необходимой для преодоления силы притяжения, возникающей в результате гравитации, которая в противном случае привела бы к коллапсу конечной и статичной Вселенной.

Однако в 1927 году Жорж Леметр, бельгийский священник и математик, обнаружил новые решения уравнений Эйнштейна, допускавшие расширение Вселенной без необходимости существования космологической силы. Леметр также узнал, что его решения были обнаружены на 5 лет раньше русским математиком Александром Фридманом, который умер в 1925 году. Наиболее интересным решением является то, в котором Вселенная сначала расширяется, а затем сжимается.

См. также статьи "Эйнштейн", "Закон Хаббла", "Ньютон".

НЕБЕСНАЯ СФЕРА 1: НЕБЕСНЫЙ ЭКВАТОР

В давние времена астрономы предполагали, что все звезды прикреплены к невидимой сфере, называемой небесной и окружающей Землю, как показано на рисунке внизу. Земля вращается вокруг своей оси с постоянной скоростью, совершая один оборот каждые 24 часа, что соответствует 15° в час, так как полный оборот Земли составляет 360°. Древние астрономы считали, что Земля закреплена в центре небесной сферы, которая, по их представлениям, совершала полный оборот с постоянной скоростью каждые 24 часа, увлекая за собой неподвижные звезды.

Небесная сфера

Полярная звезда расположена прямо над Северным полюсом Земли. Можно представить, что ось вращения небесной сферы проходит через Полярную звезду. Небесный экватор представляет собой проекцию земного экватора на небесную сферу. Большой круг небесной сферы — это круг, который проходит через оба ее полюса.

Положение звезды на небесной сфере определяется двумя координатами. Склонением называется угол между направлением из центра небесной сферы на данную звезду и плоскостью небесного экватора. Звезды, расположенные к северу от небесного экватора, имеют положительное склонение; звезды, расположенные к югу от небесного экватора, — отрицательное. Второй координатой является прямое восхождение — угол между определенной точкой на небесном экваторе, известной как первая точка Овна (Υ),[19] и большим кругом склонения, проходящим через данную звезду. Эта координата соответствует земной долготе.

Прямое восхождение обычно обозначается в часах, соответствующих временному интервалу между прохождением

первой точки Овна через меридиан наблюдателя (большой круг от севера на юг через точку, находящуюся непосредственно над наблюдателем, и Полярную звезду) и прохождением звезды, пересекающей меридиан наблюдателя с востока на запад. Другими словами, прямое восхождение отсчитывается в часовой мере в направлении, обратном направлению вращения звездного неба.

См. также статью "Звездное и солнечное время".

НЕБЕСНАЯ СФЕРА 2: ЭКЛИПТИКА

Земная ось наклонена по отношению к Полярной звезде. Северный полюс Земли наклонен к Солнцу в июне и от Солнца в декабре.

Если бы свет Солнца был гораздо более слабым, можно было бы наблюдать за его прохождением через созвездия, как показано на рисунке с. 138. Этот маршрут Солнца называется эклиптикой, то есть эклиптика — это воображаемая линия (большой круг) небесной сферы, по которой Солнце в течение года перемещается среди звезд. Угол наклона плоскости эклиптики к небесному экватору равен углу наклона плоскости экватора Земли к плоскости ее орбиты и составляет 23,5˚.

В середине лета в Северном полушарии Солнце достигает своей наивысшей точки на эклиптике к северу от небесного экватора. Это происходит, когда Солнце находится в созвездии Тельца, близко к созвездию Близнецов.

В середине осени в Северном полушарии Солнце продвигается по эклиптике на 90˚ по отношению к своей позиции в середине лета. 3 это время года оно проходит с севера на юг через небесный экватор в созвездии Девы.

В середине зимы в Северном полушарии Солнце достигает своей наивысшей точки на маршруте эклиптики к югу от небесного экватора. В это время года Солнце находится в созвездии Стрельца. В полдень в середине зимы в Северном полушарии Солнце находится точно на юге и занимает самое низкое положение на небосводе.

В середине весны в Северном полушарии Солнце проходит через небесный экватор с юга на север в созвездии Рыб. Это время года называется весенним равноденствием. Место, где эклиптика пересекает небесный экватор, называется первой точкой Овна (Y).

Маршрут Солнца на небесной сфере

"Равноденствие" означает равную продолжительность дня и

ночи. В середине весны и в середине осени периоды света и темноты в каждый из этих дней имеют равную продолжительность.

См. также статью "Небесная сфера 1".

НЕБЕСНАЯ СФЕРА 3: НЕЗАХОДЯЩИЕ ЗВЕЗДЫ

Полярную звезду можно видеть в любую ясную ночь в Северном полушарии в любое время года. Долгота Полярной звезды (то есть угол между направлением на нее и горизонтом) равна широте, на которой находится наблюдатель. К примеру, наблюдатель, который находится на Северном полюсе, будет видеть Полярную звезду прямо над головой. Околополярные звезды, окружающие Северный полюс небосвода, тоже можно видеть в любую ясную ночь. Из-за вращения Земли кажется, что эти звезды движутся по кругу, центром которого является Полярная звезда. На фотографии с длительным сроком экспозиции можно видеть светлые дуги вокруг Полярной звезды; каждая дуга образована отображением звезды на пленке, поскольку сама пленка движется по отношению к свету звезды вместе с вращением Земли. Угол возвышения такой звезды меняется по мере того, как она движется вокруг Полярной звезды. Если звезда никогда не опускается за горизонт, ее называют незаходящей, или циркумполярной. Для наблюдателя на широте L звезда, которая видна над самым горизонтом, должна находиться под углом равным L по отношению к Полярной звезде. Любая звезда, расположенная под большим углом к Полярной, не может быть незаходящей на этой широте. Наблюдатель на широте L в Южном полушарии тоже сможет видеть ряд незаходящих звезд, но все они будут другими.

Звезды, которые не являются незаходящими, восходят и заходят каждые 24 часа. К примеру, ранней зимой в Северном полушарии созвездие Ориона можно видеть в ясную ночь сразу же после того, как оно восходит над восточным горизонтом. Ранним утром перед восходом Солнца то же самое созвездие можно видеть над западным горизонтом перед его заходом. Все звезды, которые не являются незаходящими, восходят на востоке и заходят на западе, потому что Земля вращается в восточном направлении.

Звезда кульминирует, когда она находится в наивысшей точке над горизонтом. Это происходит, когда звезда проходит с востока на запад через меридиан наблюдателя — большой круг небесной сферы с севера на юг через Полярную звезду и точку, расположенную непосредственно над головой наблюдателя. Каждая звезда кульминирует примерно на 4 минуты раньше времени своей кульминации предыдущей ночью. Это происходит

потому, что Земля поворачивается со скоростью 1° каждые 4 минуты, а орбитальное движение Земли вокруг Солнца составляет около 1° за каждые 24 часа.

См. также статью "Небесная сфера 1".

НЕЙТРОННАЯ ЗВЕЗДА

Нейтронной звездой называется очень маленькое, сверхплотное небесное тело, состоящее только из нейтронов. В каждом атоме вещества содержится положительно заряженное ядро, состоящее из протонов с положительным зарядом и нейтронов, не имеющих электрического заряда. Отрицательно заряженные электроны движутся вокруг ядра атома на сравнительно больших расстояниях. В нейтронной звезде нет электронов или протонов; она целиком состоит из нейтронов, упакованных так же плотно, как в ядре атома.

Поскольку нейтроны не несут электрического заряда, они не отталкиваются друг от друга, как протоны. В 1934 г. Вальтер Бааде и Фриц Цвикки опубликовали статью, в которой они предложили идею звезды, состоящей только из нейтронов.[20] Согласно их теории, вспышка сверхновой происходит после того, как обычная звезда превращается в нейтронную. Плотность такой звезды значительно выше, чем плотность белого карлика. Нейтронная звезда с массой, равной массе Солнца, будет иметь диаметр, немного превышающий 10 км. Сила тяготения на поверхности нейтронной звезды будет так велика, что искривляет свет и почти достаточна для того, чтобы удержать световое излучение.

Теоретики того времени знали, что общей теорией относительности Эйнштейна было предсказано существование черных дыр — объектов с такой огромной массой, что даже свет не может избежать их притяжения. Модель нейтронной звезды превратила понятие черной дыры из математической гипотезы в физическую возможность. Существуют ли экспериментальные свидетельства существования нейтронных звезд? В 1967 году Джоселин Белл, аспирантка Кембриджского университета, обнаружила в космосе источник повторяющихся всплесков радиоизлучения. Через год было обнаружено еще 20 таких звезд, названных пульсарами.

Астрономы доказали, что пульсар представляет собой быстро вращающуюся нейтронную звезду, испускающую пучок радиоволн, который поворачивается из стороны в сторону, как луч света маяка, вместе с вращением звезды. Каждый раз, когда радиолуч проходит мимо Земли, приборы регистрируют всплеск радиоволн от нейтронной звезды. Нейтронная звезда в центре Крабовидной туманности является пульсаром, вращающимся со скоростью 30 раз в секунду.

См. также статьи "Черные дыры", "Пульсар".

НЕПТУН

Планету Нептун наблюдал еще Галилей, который считал ее звездой, поскольку ее положение на фоне ближайших звезд почти не менялось. Однако в 1843 году Джон Адамс в Англии и Урбен Леверье во Франции независимо друг от друга пришли к выводу, что необъяснимое ускорение, а потом замедление Урана должно быть обусловлено воздействием внешней планеты. Положение этой неизвестной планеты, впоследствии названной Нептуном, было вычислено по движениям Урана, и это предсказание было подтверждено Иоганном Галле[21] в 1846 году.

Нептун виден с Земли как голубой диск без каких-либо характерных черт, движущийся через созвездия со скоростью около 2° в год и совершающий полный оборот вокруг Солнца за 164 года и 288 дней на среднем расстоянии 30 астрономических единиц. Его диаметр примерно такой же, как у Урана, хотя средняя плотность в 1,3 раза выше, чем плотность Урана. Автоматический зонд "Вояджер-2" пролетел мимо Нептуна в 1989 году и обнаружил, что его атмосфера сходна по составу и температуре с атмосферой Урана. "Вояджер -2"также обнаружил слабовыраженные пояса и зоны, формации облаков и огромное темное пятно в атмосфере Нептуна. Однако, в отличие от Большого красного пятна Юпитера, этого темного пятна не оказалось на месте, когда космический телескоп Хаббла был впервые использован для наблюдения Нептуна. Считается, что присутствие поясов и зон на Нептуне обусловлено внутренним разогревом планеты.

Зонд "Вояджер-2" выявил наличие кольцевой системы вокруг Нептуна и открыл еще 6 спутников в дополнение к Тритону, открытому в 1846 году, и Нереиде, открытой в 1949 году. Диаметр Тритона, самого крупного спутника Нептуна, составляет 0,75 диаметра земной Луны. Тритон движется по орбите в направлении противоположном вращению самой планеты и наклонен под углом 23° к экватору Нептуна. "Вояджер -2" наблюдал гейзеры, бьющие высоко над ледяной поверхностью Тритона, местами изборожденной глубокими складками, местами — гладкой. Считается, что Тритон сформировался в другой части Солнечной системы, а затем при близком прохождении был захвачен Нептуном. Гейзеры на Тритоне, скорее всего, состоят из жидкого азота, прорывающегося из-под поверхности азотного льда.

См. также статьи "Планеты", "Орбиты планет", "Уран".

НОВАЯ

Новая — это звезда, которая внезапно становится гораздо ярче обычного, а затем постепенно тускнеет.[22] Так, например, одна из звезд в созвездии Орла в 1918 году за несколько дней неожиданно стала такой же яркой, как Сириус, ярчайшая звезда в ночном небе, и оставалась видимой невооруженным глазом в течение нескольких месяцев. Подобно выслеживанию комет, охота за новыми звездами для астрономов-любителей является одним из способов прославиться, так как появление новой звезды всегда бывает неожиданным событием, а профессиональные астрономы обычно не могут позволить себе вести за небосводом случайные наблюдения. Астроном-любитель из Колорадо Питер Коллинз был первым, кто заметил Новую в созвездии Лебедя в 1992 году. Через несколько часов после открытия астрономы по всему миру наблюдали эту Новую V1974 в созвездии Лебедя. Вспышка Новой является драматическим событием, в ходе которого звезда сбрасывает оболочку из вещества и ее яркость иногда возрастает сразу на 10 звездных величин. Расширяющаяся оболочка вещества обычно слишком тусклая для непосредственного наблюдения, но ее присутствие очевидно из-за широких эмиссионных линий в электромагнитном спектре звезды.

Что же заставляет звезду вести себя подобным образом? Одной из возможных причин считается "перетягивание" вещества белым карликом от другой звезды — его спутницы в двойной системе. Белый карлик представляет собой очень горячую коллапсирующую звезду, близкую к концу своего существования. Его гравитационное воздействие на менее плотное вещество обычной звезды бывает достаточно сильным для втягивания вещества в себя. Это дополнительное вещество питает белый карлик, вызывая сильный перегрев его внешних слоев, после чего следует мощная вспышка света с выбросом накопленного вещества. Наблюдались новые звезды, которые вспыхивали дважды. В 1946 году звезда T Северной Короны повторила свою вспышку 1866 года, когда ее яркость возросла на 7 звездных величин и достигла второй величины.

Сверхновая типа Ia представляет собой гораздо более драматическое событие, когда белый карлик притягивает так много вещества от другой звезды в двойной системе, что взрывается из-за сильнейшего перегрева.

См. также статьи "Звездная величина", "Спектр оптический", "Сверхновая", "Белый карлик".

НЬЮТОН

Сэр Исаак Ньютон родился в 1642 году, в год смерти Галилея. Его родиной было местечко Вулсторп близ городка Грэнтем в графстве Линкольншир. Отец мальчика умер еще до его рождения, и после того, как его мать снова вышла замуж, Исаак воспитывался у деда. Его послали учиться в местную приходскую школу, а в 1661 году он поступил в Тринити-колледж Кембриджского университета. В период между 1665 и 1666 годами Ньютон жил дома, потому что университет был закрыт из-за Великой чумы; за эти два года он сформулировал математические теоремы и физические теории, включая закон всемирного тяготения, который произвел революцию в физике и математике. В 1667 году Ньютон вернулся в Кембридж и два года спустя в возрасте 26 лет получил кафедру физики и математики в том же колледже Святой Троицы Кембриджа, так называемую люкасовскую кафедру, которую занимал до 1701 года.

В широкий круг научных интересов Ньютона наряду с физикой и математикой входили астрономия, химия и оптика. Математические и физические теории Ньютона нашли отражение в его величайшем труде "Начала",[23] в котором он показал, что три закона движения и закон всемирного тяготения достаточны для объяснения природы движения любой системы тел.

Он раз и навсегда доказал, что Земля и другие планеты вращаются вокруг Солнца, объяснил законы Кеплера и Галилея. Пользуясь законом всемирного тяготения, Ньютон мог объяснять и предсказывать такие феномены, как кометы, затмения и приливы. Его идеи обеспечили науку руководящими принципами на следующие два столетия, пока Эйнштейн не доказал, что пространство и время взаимозависимы.

После публикации "Начал" в 1687 году Ньютон стал ведущим ученым своего поколения, хотя не уклонился от ожесточенной дискуссии с Лейбницем, который утверждал, что первым изобрел дифференциальное исчисление. В университете карьера Ньютона не получила должного развития, так как он принадлежал к унитарной церкви и не верил в Святую Троицу. В 1695 году Ньютон был назначен смотрителем, а в 1699 году — директором Монетного двора, где посвятил свои таланты проведению денежной реформы. Научные заслуги Ньютона были признаны в 1703 году, когда он был избран президентом Лондонского королевского общества и возведен в рыцарское достоинство.[24]

См. также статьи "Галилей", "Законы Кеплера", "Закон тяготения Ньютона".

ОКУЛЯР

Окуляр, одна из основных частей визуального телескопа, предназначен для того, чтобы направлять свет, попадающий на линзы телескопа от отдаленного объекта, в глаз наблюдателя, а также позволять наблюдателю видеть увеличенный образ объекта, сформированный объективом.

Увеличивающая сила телескопа равна отношению фокусной длины объектива к фокусной длине окуляра. Чем короче фокусная длина окуляра, тем выше сила увеличения телескопа. Ее можно изменять, пользуясь окулярами с разным фокусным расстоянием. Это полезно при наблюдении Луны или планет, так как они не являются точечными объектами и при наблюдении в телескоп кажутся крупнее. Поскольку при возрастании силы увеличения поле зрения уменьшается, маломощными окулярами пользуются для общих наблюдений, где желательно иметь широкое поле зрения. Когда определено местоположение интересующего объекта (например, планеты), для наблюдения более подробного изображения можно поставить более мощный окуляр.

Диаметр линзы окуляра обычно немного превосходит 8 мм, что примерно равно диаметру зрачка человеческого глаза в темноте.[25] Свет от отдаленного объекта попадает в телескоп и проходит через окуляр, достигая глаза наблюдателя. Окуляр обычно представляет собой сочетание двух линз, расположенных на расстоянии немного меньшем или равном среднему двух фокусных расстояний. Такое расположение устраняет хроматическую аберрацию — разделение белого света на цвета спектра, которое искажает наблюдаемый образ. Высококачественные окуляры также устраняют сферическую аберрацию, искажение образа, вызванное тем, что внешняя часть линзы фокусирует цвет немного иначе, чем центральная часть.

Телескоп, снабженный фотоаппаратом, позволяет получать образы с длительной экспозицией и наблюдать объекты, слишком слабые для непосредственного визуального наблюдения в телескоп. Для создания реального образа на фотопленке положение окуляра регулируется.

См. также статьи "Увеличение", "Телескопы".

ОРБИТЫ ПЛАНЕТ

Орбитой планеты называется ее путь вокруг Солнца. Планеты движутся вокруг Солнца в одном направлении и почти в одной плоскости друг с другом. Сила тяготения заставляет планету или комету вращаться вокруг Солнца по одной и той же орбите. В целом орбиты планет и комет имеют эллиптическую форму, где Солнце расположено в одной из двух фокальных точек эллипса. Впервые этот факт был установлен в XVI веке в результате наблюдений Иоганна Кеплера. К счастью, орбита Земли имеет почти круглую форму; в противном случае наша планета испытывала бы гораздо более резкие ежегодные колебания температур. Плутон вращается по сильно эллиптической орбите, которая в течение определенного времени выводит его ближе к Солнцу, чем соседнюю планету Нептун. (На рисунке показано, как нарисовать эллипс.)

Орбита планеты характеризуется главным образом ее средним радиусом и периодом обращения. Средний радиус составляет среднюю арифметическую величину между максимальным и минимальным диаметром орбиты. Период обращения планеты — это время, которое требуется для того, чтобы она совершила полный оборот вокруг Солнца. Чем дальше планета находится от Солнца, тем продолжительнее период обращения. На основании наблюдений Кеплер пришел к выводу, что квадрат периода обращения планеты пропорционален кубу среднего радиуса ее орбиты. Эта формулировка известна как третий закон Кеплера. К примеру, Сатурн имеет период обращения 29,4 года и средний радиус орбиты в 9,5 раз больше, чем у Земли. Вы можете сами проверить, что $29{,}4^2 = 9{,}5^3$ с точностью до 1 %. Третий закон Кеплера можно объяснить, пользуясь ньютоновским законом тяготения и законами движения.

См. также статьи "Законы Кеплера", "Планеты".

ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ

Переменной называется звезда, блеск которой претерпевает регулярные изменения. Двойная звезда затменно-переменного типа временно изменяет свой блеск каждый раз, когда один из ее компонентов затмевает другой.

Переменные звезды, блеск которых изменяется без периодического затухания, характерного для двойных звезд затменно-переменного типа, называются настоящими переменными, или пульсирующими, так как изменения блеска обусловлены внутренними процессами, происходящими в недрах звезды. К примеру, блеск звезды Мира в созвездии Кита постепенно изменяется от второй звездной величины до десятой звездной величины и обратно за 131 сутки.

Период изменения блеска цефеид составляет от суток до более 100 суток; при этом изменение блеска ненамного превышает одну звездную величину. Блеск цефеиды усиливается быстрее, чем ослабевает. Известно, что цефеиды являются пульсирующими звездами, так как линии их спектра претерпевают регулярный сдвиг то в одну, то в другую сторону. Период изменения блеска цефеиды зависит от ее абсолютной звездной величины, поэтому цефеиды используются для определения расстояния до объекта в космосе.

Звезды типа RR Лиры[26] изменяют свой блеск так же, как цефеиды, и тоже считаются пульсирующими звездами, однако их период составляет несколько часов, а не суток, и они принадлежат к звездам классов A и F, в то время как цефеиды принадлежат к звездам классов G и M. Звезды типа RR Лиры встречаются главным образом в шаровых звездных скоплениях.

Звезды типа RV Тельца имеют период изменения блеска от 30 до 150 суток. Усиление блеска у таких звезд происходит плавно, а ослабление — скачкообразно. Блеск звезд типа T Тельца изменяется хаотично в пределах нескольких звездных величин. Такие звезды встречаются только в газопылевых облаках; скорее всего, это означает, что они — очень молодые звезды.

Блеск долгопериодичных переменных, таких, как Мира в созвездии Кита, изменяется за период от 100 до 1000 суток. Величина изменения может достигать 10 и более звездных величин.

Новые звезды представляют собой еще один класс переменных звезд, называемых взрывными, или эруптивными. Эти звезды увеличивают свой блеск на много звездных величин за очень короткое время, а потом медленно тускнеют и обычно

возвращаются к своей прежней яркости. К этому же классу относятся сверхновые, повторно новые, новоподобные и симбиотические звезды. К эрутивным звездам относятся молодые быстрые неправильные переменные звезды, звезды типа UV Кита и ряд родственных им объектов.

См. также статьи "Цефеиды", "Звездные скопления", "Звездная величина", "Звезды 2".

ПЛАНЕТАРНАЯ МОДЕЛЬ ПТОЛЕМЕЯ

Птолемей — александрийский астрономом, живший во II веке нашей эры. Его великий труд "Альмагест", состоящий из 11 книг, содержал все известные на тот момент астрономические знания. Каталог, вошедший в "Альмагест" и содержавший 1022 звезд, не был превзойден в течение следующих 300 лет. Птолемей наиболее известен своей моделью Вселенной,[27] где Земля находится в центре, а планеты и Солнце вращаются вокруг нее по кругам, или эпициклам.

Птолемей считал, что Солнце и Луна движутся по кругу в одной плоскости вокруг Земли, причем лунная орбита гораздо меньше солнечной. Он также считал, что звезды неподвижно прикреплены к небесной сфере, которая включает все планеты. Небесная сфера вращается с постоянной скоростью — оборот в сутки, унося звезды, которые восходят каждую ночь на небе, с востока на запад. Меркурий и Венера двигались по эпициклам, центрированным на линии между Землей и Солнцем; согласно этой схеме Меркурий находился ближе к Земле, чем Венера. Поскольку Солнце двигалось вокруг Земли, Птолемей показал, почему Меркурий и Венера никогда не отдаляются от Солнца. Каждая из других планет двигалась независимо от Солнца по своему эпициклу, центром которого была Земля. Радиальная линия от внешней планеты до центра эпицикла всегда была параллельна линии между Землей и Солнцем. Пользуясь этой моделью, Птолемей мог объяснить ретроградные движения Марса, Юпитера и Сатурна.

Модель Птолемея

См. также статью "Коперник".

ПЛАНЕТЫ

Девять известных планет в порядке увеличения расстояния от Солнца — это Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон. Три внешние планеты можно наблюдать только с помощью телескопа. Четыре внутренние планеты называются планетами земного типа, поскольку они плотные и гораздо меньше Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна, называемыми газовыми гигантами.

Планеты можно наблюдать потому, что они отражают солнечный свет. Яркость планеты изменяется в соответствии с положением на орбите по отношению к Земле, так как размер части ее освещенной Солнцем поверхности, видимой с Земли, тоже изменяется. И наконец в случае в Сатурном кольца планеты отражают больше солнечного света, когда они видны "плоскостью", а не "ребром".

По мере своего вращения вокруг Солнца планеты постепенно движутся через созвездия в плоскости эклиптики. Слово "планета" в Древней Греции означало "странница", так как планета изменяет свое положение на неподвижном фоне звезд и созвездий.

Меркурий и Венера восходят и заходят за несколько часов до заката или после рассвета, поскольку они расположены ближе к Солнцу, чем Земля, а также имеют полный цикл фаз, как земная Луна. Когда Венера находится в точке нижнего астрономического соединения, двигаясь между Землей и Солнцем, ее можно видеть как большой полумесяц; освещенная Солнцем поверхность в основном обращена в сторону от Земли. По мере движения планеты вокруг Солнца площадь освещенной Солнцем поверхности возрастает, и наконец мы можем видеть Венеру как сравнительно небольшой диск, когда она приближается к точке верхнего астрономического соединения, расположенной почти диаметрально напротив Земли.

Марс и другие планеты, расположенные дальше от Солнца, не обнаруживают полного цикла фаз, так как они никогда не проходят между Землей и Солнцем. Говорят, что внешняя планета находится в противостоянии, когда она находится в противоположном направлении от Солнца по отношению к Земле и может наблюдаться в Северном полушарии в полночь, если смотреть прямо на юг.

См. также статьи "Земля", "Юпитер", "Марс", "Меркурий", "Нептун", "Плутон", "Сатурн", "Уран", "Венера".

ПЛУТОН

Плутон был открыт в 1930 году Клайдом Томбо, который пользовался широкоугольной камерой, прикрепленной к телескопу. Томбо обнаружил планету, которая была более тусклой, чем Нептун, и двигалась через созвездия медленнее. Тщательные измерения позволили астрономам прийти к выводу, что Плутон движется вокруг Солнца по гораздо более вытянутой орбите, чем любая другая планета. Расстояние от Плутона до Солнца составляет от 30 до 50 астрономических единиц, а полный оборот по орбите планета совершает примерно за 248 лет. В период с 1979 по 1999 год Плутон был ближе к Солнцу, чем Нептун. Наклонение его орбиты к плоскости эклиптики, составляющее 17°, тоже значительно больше, чем у любой другой планеты. Диаметр Плутона составляет менее 0,2 земного, а его средняя плотность в 2,3 раза превосходит плотность воды.

В 1978 году было обнаружено, что у Плутона есть спутник, обращающийся вокруг планеты за 6 суток и 9 дней на расстоянии 20 000 км. Этот спутник, названный Хароном, замкнут в синхронной орбите и вращении с Плутоном. В течение нескольких лет Харон и Плутон регулярно затмевают друг друга, когда плоскость орбиты Харона оказывается "ребром" к Земле.

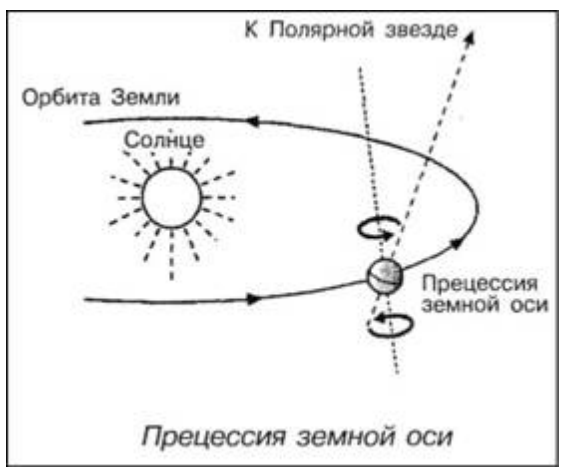
Считается, что Плутон имеет разряженную атмосферу из азота и окиси углерода. Более полная информация о Плутоне и Хароне была получена с помощью космического телескопа Хаббла. Чередование светлых и темных областей в районе экватора Плутона указывает на шестисуточный период вращения Харона, а также дает основание полагать, что ось вращения Плутона наклонена под углом примерно 120° к орбите спутника. Диаметр Харона составляет около половины диаметра Плутона, так что эти два небесных тела более сходны по размеру, чем любая другая планета и ее спутник. Они имеют сходную плотность и химический состав; поверхности обоих тел частично покрыты льдом.

См. также статьи "Нептун", "Планеты", "Орбиты планет".

РАВНОДЕНСТВИЕ

Земля вращается с постоянной скоростью, и направление ее оси почти не изменяется, поэтому Полярная звезда находится прямо над Северным полюсом Земли. Ось вращения нашей планеты наклонена под углом 23,5˚ к оси ее орбиты; это означает, что земной экватор наклонен под углом 23,5˚ к плоскости эклиптики. Представьте модель Солнца и Земли, в которой земной экватор находится на одной плоскости с орбитой. Тогда Земля стала бы очень скучным местом, поскольку каждый день состоял бы из 12 часов дневного света и 1 2 часов темноты.

Направление земной оси постепенно меняется. В следующем тысячелетии, в 3000 году, земная ось повернется примерно на 35˚. Этот эффект, известный под названием прецессия, можно наблюдать, раскрутив детский волчок. Ось волчка при вращении медленно поворачивается вокруг вертикальной линии, проведенной через его основание. Земная ось совершает полный цикл прецессии примерно за 26 000 лет. Из-за прецессии точки равноденствия, где небесный экватор пересекается с плоскостью эклиптики, постепенно движутся по эклиптике со скоростью примерно 1˚ за 70 лет. Прецессия равноденствий объясняет, почему первая точка Овна, которая является положением весеннего равноденствия на небесной сфере, теперь находится в созвездии Рыб, а не Овна, где она находилась 3000 лет назад, когда весеннее равноденствие было названо в честь созвездия Овна.



Прецессия земной оси

См. также статью "Небесная сфера 2".

ПУЛЬСАР

Пульсар похож на космический маяк, испускающий световые и радиоволны. Пучок радиоволн от пульсара регулярно проходит мимо Земли, где приборы регистрируют очередной кратковременный всплеск радиоизлучения. Пульсары впервые были обнаружены в 1967 году, когда радиоастрономы установили факт регулярных радиосигналов из космоса. В то время некоторые журналисты утверждали, что разумные существа с других планет пытаются установить контакт с землянами.

Пульсар представляет собой вращающуюся нейтронную звезду, испускающую электромагнитный луч, который вращается вместе со звездой. Первый из обнаруженных пульсаров давал всплески радиоизлучения каждые 1,33 секунды, что соответствовало периоду вращения 1,33 секунды. Для сравнения: Солнце совершает полный оборот вокруг своей оси примерно за 4 недели. Если бы Солнце уменьшилось в размерах без потери массы, оно стало бы вращаться быстрее, точно так же, как фигуристка, которая вскидывает руки вверх при вращении. Очень быстрое вращение пульсаров навело астрономов на мысль, что пульсары должны быть очень небольшого по сравнению с Солнцем размера, а следовательно, очень плотными. Нейтронная звезда с массой равной массе Солнца имеет не более 20 км в диаметре и вращается гораздо быстрее Солнца. Вскоре были обнаружены новые пульсары, включая 33-миллисекундный пульсар в центре Крабовидной туманности. Этот пульсар был первым, испускавшим электромагнитное излучение в диапазоне видимого света. Это открытие подтвердило теорию о том, что пульсар — нейтронная звезда, оставшаяся после взрыва сверхновой. Пульсар обладает очень сильным магнитным полем (порядка 10^6 Т) с полюсами, расположенными под углом к оси вращения. Магнитное поле собирает электромагнитное излучение в пучки вдоль магнитной оси; это означает, что луч описывает окружность по мере вращения звезды. Частота вращения пульсара медленно уменьшается, что указывает на постепенную потерю энергии. Периодичность всплесков пульсара в Крабовидной туманности увеличивается примерно на 10 микросекунд в год. В целом, чем старее пульсар, тем медленнее его скорость вращения.

См. также статьи "Эволюция звезд", "Нейтронная звезда", "Радиоастрономия".

РАДАРНАЯ АСТРОНОМИЯ

Радар — это радиолокационное устройство, основанное на принципе пульсирующих коротковолновых радиоимпульсов, предназначенное для обнаружения объектов, отражающих радиоволны, и для измерения расстояний до таких объектов.

Радиотелескопы посылают радарные сигналы к Луне или каменистым планетам, таким, как Марс и Венера, а затем принимают отраженные сигналы. Измеряя интервал между передачей сигнала и приемом отраженного сигнала, можно вычислить расстояние до объекта, умножив половинный цикл передачи/приема на скорость распространения электромагнитных волн в космосе. К примеру, время передачи и приема отраженного сигнала от Марса (42 минуты) дает расстояние 21×60 с $\times$ 300 000 км/с = = 378 000 000 км. В радарной астрономии используются большие радиотелескопы, определяющие коротковолновые радиоимпульсы длиной порядка нескольких сантиметров. Радарные импульсы, испускаемые большой параболической антенной, рассеиваются при отражении от отдаленного объекта, поэтому детектор должен быть очень чувствительным, так как отраженные импульсы крайне слабые. Тем не менее точность таких измерений позволила определять диаметр и поверхностный рельеф планеты при сканировании импульсов, отраженных от поверхности небесного тела. Кроме того, изменение доплеровского смещения отраженных импульсов от противоположных концов экваториального диаметра планеты позволило точно измерить скорость ее вращения.

С помощью радиоастрономии удалось подтвердить, что электромагнитные волны, проходящие вблизи Солнца, изгибаются под воздействием солнечного тяготения в. соответствии с общей теорией относительности Альберта Эйнштейна. По мере того как линия зрения между Землей и наблюдаемой планетой приближается к Солнцу, этот эффект увеличивает интервал поступления отраженных радарных импульсов. При измерениях выяснилось, что эта величина совпадает с предсказаниями Альберта Эйнштейна с точностью до 0,1 %.

См. также статьи "Планеты", "Радиотелескопы", "Красное смещение".

РАДИОАСТРОНОМИЯ

Радиоастрономия — это область астрономии, которая занимается определением и измерением астрономических источников радиоволн с длиной от нескольких сантиметров и выше. Земная атмосфера позволяет радиоволнам длиной до 10 м достигать поверхности Земли, поэтому большие радиотелескопы можно использовать для картирования источников радиоизлучения на небосводе.

Ученые, работающие над военными радиоустановками в 1942 году, обнаружили, что Солнце — мощный источник радиоволн. В 1946 году был обнаружен еще один мощный источник радиоизлучения в созвездии Лебедя, получивший название Лебедь А. К другим известным источникам радиоизлучения относятся Крабовидная туманность (остатки сверхновой звезды) и галактика М87. Кроме того, было обнаружено, что диск Галактики Млечный Путь тоже источник радиоизлучения.

Благодаря использованию радиотелескопов, настроенных на определение радиоволн длиной 21 см, удалось составить карту распространения водорода в диске Млечного Пути. Такие радиоволны излучаются атомом водорода, когда его электрон со спином параллельным спину протона переходит в более низкое энергетическое состояние со спином противоположного направления. В отличие от света радиоволны проходят через пылевые облака, закрывающие большую часть диска Млечного Пути. Измеряя величину доплеровского смещения длины радиоволн, ученые определили характер движения и распределения газовых облаков, что дало возможность составить карту спиральных рукавов Млечного Пути. В результате детектирования сильных радиосигналов в плоскости Галактики были обнаружены молекулярные облака, состоящие из окиси азота и углерода; известно, что радиоволны определенной длины соответствуют таким молекулам.

Впоследствии было обнаружено множество других источников радиоизлучения, включая пульсары, квазары и сверхновые. Тот факт, что количество внегалактических источников радиоизлучения увеличивается с расстоянием, породил сомнение в теории стабильного состояния Вселенной и привел к открытию квазаров.

См. также статьи "Электромагнитное излучение", "Пульсар", "Квазар", "Радиотелескопы", "Красное смещение", "Сверхновая".

РАДИОТЕЛЕСКОПЫ

Радиотелескоп — астрономический инструмент, предназначенный для исследования небесных тел в диапазоне радиоволн. Простой рефлекторный поворотный радиотелескоп состоит из большого параболического зеркала с антенной в центральной точке. Когда зеркало направлено на источник радиоизлучения в космосе, радиоволны отражаются от него на антенну и создают сигнал, который является производной от интенсивности радиоволн, создаваемых источником. Сигнал, поступающий с антенны, проходит через мощный усилитель, который, в свою очередь, направляет усиленный сигнал в компьютер для анализа и записи. Зеркало обычно состоит из проволочной сетки, более легкой, чем металлические листы, и столь же эффективной в качестве отражателя радиоволн при условии, что расстояние между отдельными элементами сетки составляет менее 1/20 длины измеряемых радиоволн. Усилитель должен увеличивать мощность сигнала от источника радиоизлучения, не усиливая фоновый шум, или "шипение", обусловленное локальными радиоточками и случайным движением электронов в компонентах самого усилителя. Фоновый шум устраняется путем усреднения сигнала через последовательные короткие интервалы.

Диаметр зеркала определяет область сбора, поэтому для обнаружения более слабых источников необходимы зеркала большего размера. Кроме того, диаметр зеркала определяет разрешение телескопа или степень детальности его показаний. Два источника, расположенные поблизости, могут быть определены как один источник, если диаметр зеркала слишком мал, поскольку дифракция слишком сильно размывает изображение источников. Лоуэлловский радиотелескоп в Чешире (Англия) обладает зеркалом диаметром 78 м с разрешением 0,2° для радиоволн длиной 21 см. Радиотелескоп Айкибо в Пуэрто-Рико представляет собой 300-метровое фиксированное вогнутое зеркало, установленное в естественном понижении рельефа местности.

Благодаря соединению отдельных телескопов удалось значительно повысить их разрешение. В целом, разрешение кратно расстоянию между отдельными телескопами, но лишь при условии, что телескопы расположены вдоль одной линии.

См. также статьи "Радиоастрономия", "Телескопы 3".

РАСШИРЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

Существуют очень веские научные свидетельства в поддержку теории, согласно которой Вселенная расширяется в результате первичного взрыва, создавшего пространство и время примерно 12 млрд. лет назад. По мере расширения Вселенной, которое продолжается и теперь, формировались галактики, постепенно отдалявшиеся друг от друга. Известно, что скорость разбегания наиболее далеких галактик приближается к скорости света.

Расширение Вселенной было открыто в 1929 году американским астрономом Эдвином Хабблом. На основе своих наблюдений он доказал, что далекие галактики отдаляются от нас со скоростью пропорциональной расстоянию. Это утверждение, известное как закон Хаббла, можно сформулировать в следующем уравнении: для галактики, отдаляющейся на расстояние d, ее скорость отдаления $v = Hd$, где H — постоянная Хаббла.

С 1 929 года были проведены измерения расстояния и скорости для многих галактик, что подтвердило правильность закона Хаббла и позволило более точно вычислить значение H. Теперь считается, что величина постоянной Хаббла составляет примерно 20 км/с на миллион световых лет.

Закон Хаббла подразумевает, что Вселенная расширяется, поэтому чем дальше находится галактика, тем быстрее она отдаляется от нас. Расширение Вселенной можно объяснить теорией Большого Взрыва и другой теорией, известной под названием теории стабильного состояния, предполагающей, что вещество постоянно создается в пространстве между галактиками и при этом расталкивает их в стороны. Однако открытие космического микроволнового фонового излучения можно объяснить лишь в том случае, если излучение появилось в результате Большого Взрыва, так что теория стабильного состояния была отвергнута.

До сих пор неизвестно, замедлится ли в будущем расширение Вселенной и она начнет сжиматься или же продолжит расширяться вечно. Необходимо определить среднюю плотность Вселенной; если она превзойдет величину, известную как критическая плотность, обратный процесс неизбежен.

См. также статьи "Большой Взрыв", "Космическое микроволновое фоновое излучение", "Закон Хаббла".

РЕТРОГРАДНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Ретроградным движением внешней планеты называется ее возвратное движение через созвездия ночного неба в определенный период времени до и после противостояния. Внешняя планета обычно постепенно движется с запада на восток через созвездия, каждую следующую ночь появляясь немного восточнее относительно созвездия, в котором она находится. Движение в восточном направлении наблюдается потому, что планета постепенно движется вокруг Солнца по своей орбите против часовой стрелки при наблюдении из Северного полушария. Однако, поскольку планета движется по своей орбите медленнее, чем Земля, наша планета в конце концов догоняет ее, а затем перегоняет в период противостояния. Эффект "обгона" приводит к тому, что для наблюдателя планета начинает двигаться в противоположном направлении. Однако, когда Земля продвинется по своей орбите значительно дальше точки противостояния, ретроградное движение останавливается и сменяется нормальным движением в восточном направлении.

Ретроградное движение Марса происходит каждые 26 месяцев и длится в целом от двух до трех месяцев. Поскольку орбита Марса не круговая, наиболее благоприятное противостояние с Марсом возникает при наименьшем расстоянии до Земли. Юпитер находится в противостоянии каждые 13 месяцев и его ретроградное движение менее заметно, чем у Марса, так как расстояние до Земли в момент противостояния почти в 8 раз больше.

Птолемей, александрийский астроном, живший во II веке нашей эры, изобрел модель планетного движения, которая успешно объясняла ретроградное движение внешних планет с помощью эпициклов. Птолемеевская модель пользовалась общим признанием более 1 400 лет, но в конце концов она была отвергнута в пользу коперниковской модели Солнечной системы.

См. также статьи "Коперник", "Орбиты планет", "Планетарная модель Птолемея".

САТУРН 1: ПЛАНЕТА И ЕЕ СПУТНИКИ

Сатурн — вторая по величине планета Солнечной системы. Его диаметр в 9,5 раз превышает диаметр Земли. Среднее расстояние от Сатурна до Солнца 9,5 астрономических единиц. Полный оборот вокруг Солнца он совершает за 29,5 лет. Его кольцевая система находится в экваториальной плоскости планеты и простирается на расстояние, вдвое превышающее ее диаметр. Кольца отражают солнечный свет, поэтому блеск планеты достигает максимума, когда кольцевая система расположена "лицом" к Земле. При наблюдении Сатурна с помощью телескопов обнаружилось присутствие светлых и темных поясов, параллельных экватору планеты, хотя и не так четко выраженных, как пояса Юпитера.

Сатурн совершает полный оборот вокруг своей оси каждые 10 часов, поэтому его экваториальный диаметр примерно на 20 % больше полярного. Считается, что атмосфера планеты, состоящая на 90 % из водорода и на 10 % из гелия при температуре -180 ˚С, расположена над сферой жидкого водорода со сравнительно небольшим плотным ядром в центре.

Сатурн при наблюдении с Земли

Титан, самый крупный из 18 известных спутников Сатурна, [28] обращается вокруг планеты с периодом 15 суток на среднем расстоянии в 10 раз превышающем диаметр планеты. В его атмосфере преобладают азот и метан при температуре около –168 С; атмосфера очень плотная, оранжевого оттенка.[29] За исключением Тефии,[30] Дионы, Реи и Япета, диаметр всех остальных спутников значительно меньше 1/4 диаметра Титана. Известно, что одно полушарие Япета светлее другого. Темная сторона спутника обращена в направлении его движения, поэтому Япет можно видеть с Земли, лишь когда он находится к западу от

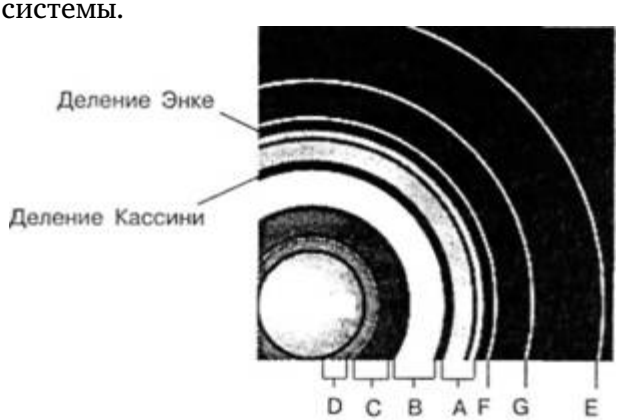
Сатурна и удаляется от Земли.

См. также статьи "Планеты", "Орбиты планет".

САТУРН 2: КОЛЬЦА САТУРНА

При наблюдении без телескопа Сатурн выглядит как желтоватая звезда, постепенно движущаяся через созвездия в плоскости эклиптики. С помощью телескопа можно увидеть его кольца, которые бывают обращены к Земле раз в 7 лет. Кольца Сатурна наклонены на 26° по отношению к его орбите. При наблюдении с Земли его кольца имеют разную ориентацию, соответствующую положению Сатурна на его орбите. Когда кольца повернуты "ребром", их можно увидеть лишь в мощный телескоп, так как они очень тонкие.

Кольцевая система Сатурна (как показано на рисунке с. 186) состоит из тусклого внешнего кольца, известного как кольцо А. Внешнее кольцо А от более яркого внутреннего кольца В отделено широким проемом, который называется делением Кассини. Внутри кольца В находится значительно более тусклое кольцо С. Само кольцо А разделено узким проемом, который называется делением Энке.[31] Деление Кассини и деление Энке существуют из-за гравитационного воздействия спутников Сатурна, вращающихся вокруг планеты в непосредственно близости от его кольцевой системы.



Кольцевая система Сатурна

В кольцевую систему Сатурна входят кольца, обозначаемые буквами D, E, F и G. Кольцо D довольно тусклое и расположено между атмосферой Сатурна и кольцом С. Кольцо F расположено за пределами кольца А, между двумя спутниками, Пандорой и Прометеем. Кольцо G очень тусклое и находится за кольцом F в пределах орбиты Мимаса. Кольцо Е тоже очень тусклое и находится в пределах орбиты Энцелада. Космический зонд "Вояджер-2" отправил на Землю подробные фотографии колец Сатурна, подтвердив, что они очень тонкие по сравнению с их

диаметром и состоят из частиц, варьирующих по размеру от космической пыли до крупных валунов.

См. также статью "Сатурн 1".

СВЕРХНОВАЯ

Сверхновая — это звезда, заканчивающая свой жизненный цикл мощнейшим взрывом, блеск которого может затмевать целую галактику в течение нескольких месяцев. Крабовидная туманность Ml в созвездии Тельца представляет собой полосу светящегося газа неправильной формы с отдельными волокнами, расходящимися в разные стороны. Считается, что Крабовидная туманность образовалась в результате взрыва сверхновой в 1054 году на расстоянии около 2000 парсеков от Земли. Кроме Крабовидной туманности в нашей галактике были отмечены вспышки лишь двух других сверхновых.[32] Одна из них, так называемая звезда Тихо Браге, вспыхнула в созвездии Кассиопеи в 1572 году и в течение года оставалась такой же яркой, как Венера. Другая, звезда Кеплера, вспыхнула в созвездии Змееносца в 1604 году. Еще одна яркая вспышка сверхновой наблюдалась в 1987 году в Большом Магеллановом Облаке, которое представляет собой небольшую галактику неправильной формы, ближайшую спутницу Млечного Пути. Эта сверхновая, достигшая третьей звездной величины в течение нескольких месяцев, затем постепенно потускнела, но облака газа, образовавшиеся при ее взрыве, продолжают распространяться с огромной скоростью.

Сверхновые типа I, обнаруживающие в своем эмиссионном спектре недостаток водорода, делятся на 3 категории: a, b и c, в соответствии с обнаруженными химическими элементами. Сверхновая типа 1a в отдаленной галактике служит "верстовым столбом", по которому можно узнать, на каком расстоянии находится галактика. Сверхновые типа 1a возникают, когда белый карлик, притягивающий огромные массы вещества со звезды — спутницы в двойной системе, внезапно коллапсирует с образованием ударной волны, распространяющейся через внешние слои звезды, которые раздуваются и улетают в чудовищном взрыве. Другие виды сверхновых возникают в результате коллапса звезд, масса которых превосходит 8 солнечных масс, поскольку эти звезды не в состоянии избавиться от излишков массы выше определенного предела. Это было установлено в 1930 году Субрахманьяном Чандрасекаром, который доказал, что умирающая звезда коллапсирует, если ее масса более чем в 1,4 раза превосходит массу Солнца. Это стало известно как предел Чандрасекара.

См. также статьи "Эволюция звезд", "Нейтронная звезда", "Белый карлик".

СВЕТИМОСТЬ

Светимость звезды — это мера ее светового излучения, обычно выражаемая в ваттах или по отношению к светимости Солнца, составляющей 4 10 *26* Вт. Таким образом звезда, светимость которой в 1 00 раз превосходит световое излучение Солнца, испускает свет с мощностью 4×10^{28} Вт.

В 1920 году сэр Артур Эддингтон собрал достаточно обширную информацию о двойных звездах и продемонстрировал, что чем больше масса звезды, тем сильнее ее светимость. Для звезд из Главной последовательности звездная масса изменяется в пределах от 0,1 солнечной в нижней части последовательности, где находятся звезды, сияющие тускло, светимость которых более чем в 10 000 меньше солнечной, до около 30 солнечных масс в верхней части последовательности, где находятся звезды, светимость которых в 1 млн. раз превосходит солнечную. Эддингтон показал, что для звезд Главной последовательности светимость увеличивается пропорционально кубу массы,[33] иными словами, звезда, масса которой вдвое превосходит массу Солнца, излучает примерно в 8 раз больше света, чем Солнце; звезда, масса которой в 3 раза превосходит массу Солнца, излучает примерно в 27 раз больше света, чем Солнце, а звезда с массой в 10 раз превосходящей массу Солнца излучает примерно в 1000 раз больше света, чем Солнце.

Абсолютная величина звезды определяется ее светимостью. Отношением Эддингтона можно пользоваться для того, чтобы узнать светимость, а следовательно, и абсолютную величину двойных звезд с известной массой, расположенных на неизвестном расстоянии. После 200 парсеков метод параллакса для измерения расстояний перестает действовать, так как угол параллакса оказывается слишком малым. Тем не менее за пределами этого расстояния можно проводить спектральный анализ двойных звезд, чтобы узнать их массу. Зная массу двойной звезды, мы можем определить ее светимость и абсолютную величину, если она принадлежит к Главной последовательности. Затем можно произвести оценку расстояния, пользуясь отношением между абсолютной величиной, расстоянием и видимой величиной. Помимо возможности оценки расстояния до двойных звезд за пределами 200 парсеков, отношение светимость/масса предоставляет граничные условия, которые должны быть объяснены для любой модели структуры звезды и процессов, происходящих в ее недрах.

См. также статьи "Звездная величина", "Звезды 4".

СИЛА ТЯГОТЕНИЯ

Сила тяготения, или сила гравитационного поля массивного объекта, такого, как звезда или планета, определяется как сила тяготения на единицу массы малого объекта, который находится в гравитационном поле звезды или планеты. Величина силы тяготения зависит от расстояния до объекта. К примеру, сила гравитационного поля Земли на высоте 1 000 км над поверхностью планеты составляет 7,5 Н/кг по сравнению с 9,8 Н/кг на уровне поверхности.

Сила гравитационного поля в окрестностях звезды или планеты зависит от массы звезды или планеты и расстояния до ее центра в соответствии с законами Ньютона. Таким образом, сила гравитационного поля на расстоянии r от центра планеты или звезды с массой т равна Gm/r^2. Иными словами, сила тяготения звезды или планеты обратно пропорциональна квадрату расстояния до центра звезды или планеты.

Сила тяготения на поверхности планеты или звезды с радиусом R равняется Gm/R^2

Таким образом, гравитация на поверхности Луны составляет 1/6 от гравитации на поверхности Земли, так как масса Земли в 81 раз больше, а диаметр Земли примерно в 3,7 раза больше Луны ($81/3,7^2$) и (9,8/5,9 = 1,6). Сила тяготения на поверхности планеты или ее спутника определяет скорость убегания.

См. также статьи "Скорость убегания", "Закон тяготения Ньютона".

СКОРОСТЬ УБЕГАНИЯ

Ракете необходимо набрать скорость примерно 11 км/с, чтобы преодолеть силу земного тяготения и достичь Луны или более далеких планет. Эта минимальная скорость называется скоростью убегания. Если двигатели ракеты недостаточно мощные, она не достигнет скорости убегания, ее кинетическая энергия будет недостаточной для преодоления силы тяготения и она упадет обратно на Землю.

Скорость убегания объекта из точки внутри гравитационного поля определяется как минимальная скорость, необходимая для того, чтобы объект мог удалиться из данной точки в бесконечность.

Можно доказать, что скорость убегания из точки на расстояние r от центра планеты равна $2gr$, где g — значение силы тяготения в данной точке.

На поверхности Земли $g = 9{,}80$ Н/кг, а $r = 6370$ км. Отсюда скорость убегания равна $2 \times 9{,}80 \times 6370 \times 1000 = 11\,200$ м/с.

На поверхности Луны $g = 1{,}62$ Н/кг, а $r = 1740$ км, поэтому скорость убегания с лунной поверхности равна 2380 м/с. Благодаря значительно меньшей скорости убегания на поверхности Луны космонавты спускаемого модуля "Орел" с "Аполлона-11", впервые ступившие на поверхность Луны, смогли вернуться на лунную орбиту без помощи мощных ракет-носителей "Сатурн", необходимых для успешного старта с Земли. У Земли, в отличие от Луны, есть атмосфера. Молекулы газа в земной атмосфере движутся со скоростями гораздо меньшими скорости убегания (11,2 км/с), поэтому они не могут выйти за пределы поля земного тяготения. Молекулы газов, выделяющихся на поверхности Луны, имеют скорости, сходные со скоростями молекул в земной атмосфере, так как температура на Луне не намного отличается от земной. Однако молекулы газа на Луне выходят за пределы поля ее тяготения в открытый космос из-за гораздо более низкой скорости убегания.

См. также статью "Сила тяготения".

СОБСТВЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ

Звезды в созвездии образуют своеобразный рисунок, который сейчас выглядит так же, как сотни лет назад. Звезды, расположенные в пределах 100 парсеков от Солнца, изменяют свое положение за 6 месяцев, а затем возвращаются обратно за следующие 6 месяцев. Этот эффект возникает из-за параллакса, который обусловлен движением Земли вокруг Солнца. Однако некоторые звезды изменяют свое положение на фоне неподвижного звездного неба за период, исчисляемый годами. Этот эффект называется собственным движением и обусловлен движением звезды по отношению к Солнцу и ее ближайшим соседям.

Наиболее характерным примером является звезда Барнарда в созвездии Змееносца, изменяющая свое положение со скоростью примерно 0,3˚ за 100 лет.[34] Этот красный карлик девятой звездной величины, расположенный всего лишь в 6 световых годах от Солнца, движется в космосе со скоростью более 160 км/с. Если бы звезда Барнарда находилась на расстоянии 600 световых лет, ее собственное движение было бы гораздо менее заметным и составляло бы 0,003˚ за 100 лет. Ясно, что звезда, не выказывающая признаков собственного движения, расположена слишком далеко, чтобы изменять свое положение в созвездии для наблюдателя с Земли, хотя она может двигаться быстрее, чем звезда Барнарда. Движение таких звезд становится заметным лишь через многие сотни или тысячи лет.

Собственное движение звезды используется для вычисления скорости и направления звезды по отношению к Солнцу. Эти параметры можно определить, если измерить радиальную скорость звезды (расстояние в угловых секундах, пройденное по отношению к Солнцу) и ее тангенциальную скорость (расстояние в угловых секундах, перпендикулярное к линии зрения).

Радиальная скорость измеряется на основе доплеровского смещения в спектре звезды, тангенциальная — вычисляется путем умножения расстояния до звезды на ее собственное движение в радианах в секунду (где 1 радиан = 180/n градусов). Знание скорости и направления движения звезд по отношению к Солнцу, позволило вычислить собственную скорость и направление движения Солнца: примерно 4,2 астрономической единицы в год, или 20 км за секунду, по направлению к созвездиям Лиры и Геркулеса.

См. также статьи "Созвездия 1", "Дистанционные измерения 1", "Спектр оптический".

СОЗВЕЗДИЯ 1: ВСТУПЛЕНИЕ

Созвездия, которые мы привыкли видеть на картах звездного неба, представляют собой произвольные группы звезд, выделенные тысячи лет назад древнегреческими астрономами. Другие древние цивилизации тоже составляли карты небосвода в форме созвездий, но 88 созвездий, обозначенных в современных звездных атласах, определились в Древней Греции. На самом деле в ночном небе две звезды, которые кажутся очень близко расположенными, могут находиться на большем расстоянии друг от друга, чем от Земли. Кажущаяся близость возникает из-за того, что они находятся почти в одном и том же направлении от наблюдателя, но в действительности их разделяет огромное расстояние, если только они не являются двойными звездами.

За исключением созвездий, состоящих из незаходящих звезд, остальные созвездия ночного неба меняются в течение года. Это происходит потому, что они находятся в направлении, противоположном от Солнца, когда мы наблюдаем их с ночной стороны Земли. Земля совершает полный оборот вокруг Солнца за год. По мере того как наша планета движется вокруг Солнца, вид ночного неба изменяется в направлении, противоположном положению Солнца. К примеру, созвездие Ориона — одно из самых заметных зимних созвездий в Северном полушарии, потому что в зимнее время оно находится в направлении, противоположном от Солнца. Нет смысла искать созвездие Ориона летом, поскольку оно находится на одном направлении с Солнцем. Это происходит потому, что Земля переместилась по своей орбите примерно на 180° от зимнего положения. Вы можете узнать, какие созвездия можно видеть в каждое время года, пользуясь звездным атласом.

Пояс созвездий, через который проходит плоскость эклиптики, называется зодиаком. Если бы Солнце было гораздо менее ярким и мы могли одновременно видеть звезды и наше светило, то мы наблюдали бы, как оно в течение года движется через созвездия зодиака. Поскольку орбиты остальных планет лежат примерно в одной плоскости, планеты, наблюдаемые с Земли, не отклоняются далеко от плоскости эклиптики, а потому тоже движутся через созвездия зодиака.

См. также статью "Небесная сфера 1".

СОЗВЕЗДИЯ 2: ВАЖНЕЙШИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Вот два упражнения, предназначенные для начинающих, которые помогут вам ориентироваться в главных созвездиях ночного неба Северного полушария.

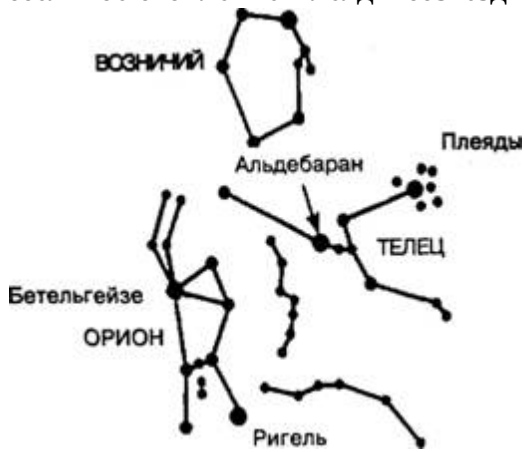
1. Посмотрите на север и определите местоположение семи звезд, известных как Большой Ковш в созвездии Большой Медведицы. В бинокль или любительский телескоп можно видеть предпоследнюю звезду рукояти Ковша, звезду Мицар, и ее спутницу — Алькор. На другой стороне Ковша Большой Медведицы две звезды Дубхе и Мерак указывают на Полярную звезду в созвездии Малой Медведицы.

Продолжите воображаемую линию зрения от указателей в конце Большой Медведицы на Полярную звезду и дальше. Там вы увидите созвездие Кассиопеи, легко обнаруживаемое в ночном небе, так как оно образует гигантскую букву W, расположенную примерно под таким же углом к Полярной звезде, как Ковш Большой Медведицы. Сразу за Кассиопеей находится созвездие Андромеды, включающее M31, галактику из созвездия Андромеды — единственный объект за пределами Млечного Пути, который можно видеть невооруженным глазом.

Как найти Полярную звезду

2. Зимой в ночном небе властвует созвездие Ориона, которое поздней осенью восходит над восточным горизонтом около полуночи и заходит незаметно для нас около полудня. Верхняя левая звезда в созвездии Ориона — это красный сверхгигант Бетельгейзе. Звезда в конце его "правой ступни" — голубовато-белый сверхгигант Ригель. Под звездой, образующей оконечность

"левой ноги" Ориона, расположен Сириус — ярчайшая звезда ночного неба. К западу от Ориона и немного выше можно обнаружить рассеянное скопление Плеяд в созвездии Тельца.



Орион и его окрестности

См. также статьи "Небесная сфера 3", "Сверхновая".

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

Солнечная система состоит из Солнца, планет, их спутников, астероидов и комет. Некоторые физические свойства планет приведены в таблице внизу; Солнце включено в таблицу для сравнения.

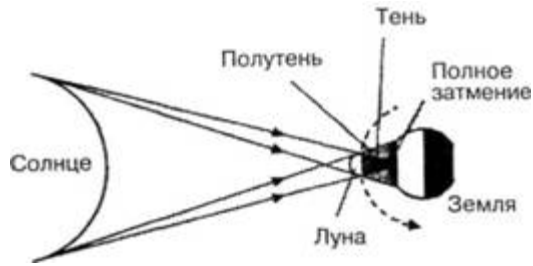
	Среднее расстояние от Солнца (а. е.)	Период Обращения (годы)	Диаметр (в диаметрах Земли)	Плотность (к плотности воды)
Солнце	—	—	109,00	1,40
Меркурий	0,39	0,24	0,38	5,40
Венера	0,72	0,61	0,95	5,20
Земля	1,00	1,00	1,00	5,50
Марс	1,52	1,88	0,53	3,90
Юпитер	5,20	11,90	11,20	1,30
Сатурн	9,50	29,40	9,50	0,70
Уран	19,20	83,80	4,00	1,30
Нептун	30,10	163,70	3,90	1,80
Плутон	39,50	248,90	0,18	1,10

Солнце образовалось около 4,5 млрд. лет назад из медленно вращающегося облака межзвездного газа и пыли, которое сжималось под воздействием собственной тяжести. Центральный регион сжимающегося облака становился плотнее и горячее, образуя так называемую протозвезду, которая продолжала сжиматься и разогреваться до тех пор, пока в ядре звезды не началась реакция ядерного синтеза. Из вращающегося диска, образованного внешними регионами облака, сформировались планеты, которые движутся вокруг Солнца в одном направлении и в одной плоскости друг с другом. Более тяжелые элементы, такие, как железо и кремний, сконденсировались ближе в Солнцу и сформировали внутренние планеты, в то время как более легкие элементы, включая лед, остались на внешней окраине диска и сформировали внешние планеты. Мощные вспышки, происходившие на Солнце во время его стабилизации, выталкивали межпланетный газ и пыль далеко за пределы формирующихся планет. Возможно, это привело к образованию облака Оорта, откуда, как считается, происходят долгопериодические кометы.

См. также статьи "Астероиды", "Кометы", "Планеты", "Звезды 2".

СОЛНЕЧНЫЕ ЗАТМЕНИЯ

Солнечные или лунные затмения происходят, когда Земля, Солнце и Луна находятся на одной линии друг с другом. Когда Луна находится между Солнцем и Землей, происходит солнечное затмение, так как лунная тень частично закрывает поверхность Земли. Область полного затмения, образуемая конусообразной тенью Луны, составляет на дневной стороне Земли около 300 км в диаметре. Из-за вращения Земли область полного затмения движется по земной поверхности со скоростью порядка 1000 км в час, поэтому период темноты в любом месте, где проходит затмение, составляет не более нескольких минут. В момент полного затмения вокруг солнечного диска можно видеть солнечную корону, состоящую из раскаленных газов. Эти газы протягиваются в космосе на миллионы километров. Регион частичного затмения на поверхности Земли занимает площадь около 5000 км*2*. Каждый наблюдатель в этом регионе может увидеть частичное солнечное затмение по мере того, как лунный диск постепенно закрывает и открывает часть поверхности солнечного диска. Кольцевое солнечное затмение можно наблюдать, когда Луна находится дальше, чем обычно от Земли, так что ее тень не полностью достигает поверхности планеты. Тогда Солнце видно как кольцо на фоне темного лунного диска.



Солнечное затмение

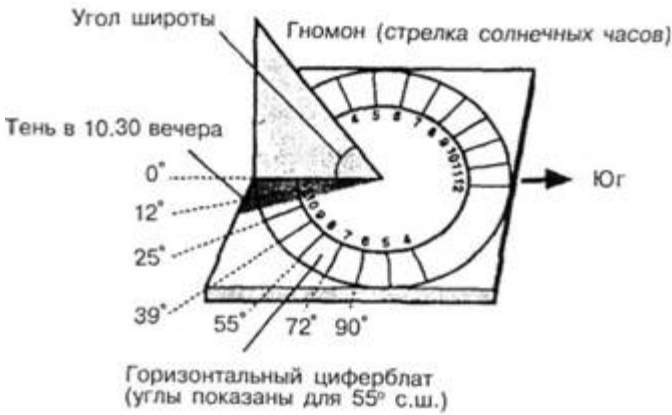
Солнечное затмение не происходит во время каждого новолуния, когда Луна проходит между Землей и Солнцем. Причина заключается в том, что лунная орбита наклонена в среднем под углом 5°8,7 по отношению к плоскости земной орбиты (к эклиптике). В большинстве случаев во время новолуния лунная тень проходит над Землей или под ней.

Запомните, что солнечное затмение нужно наблюдать только через темный фильтр, чтобы не повредить зрение.

См. также статьи "Лунные затмения", "Солнце 2".

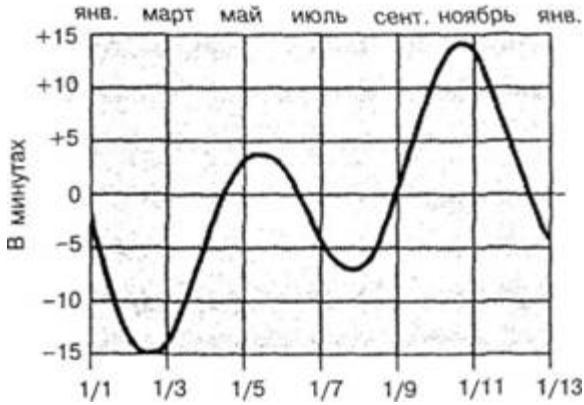
СОЛНЕЧНЫЕ ЧАСЫ

Горизонтальные солнечные часы — простейший прибор для определения времени в соответствии с положением тени гномона (указателя или стрелки солнечных часов), когда циферблат расположен так, как показано на рисунке внизу. Циферблат отградуирован в часах, где цифра 12 соответствуют полуденному положению Солнца.



Солнечные часы

Показания солнечных часов отличаются от так называемого гражданского времени в каждом из временных поясов Земли. Гражданское время определяется по атомным часам в специально предназначенных для этого научных лабораториях. Показание солнечных часов соответствует местному солнечному времени (МСВ), которое меняется в соответствии с долготой. Нулевая долгота определяется как меридиан, проходящий через Старую королевскую обсерваторию в Гринвиче в предместье Лондона.[35] Таким образом, солнечные часы, расположенные в Гринвиче, дают гринвичское солнечное время (ГСВ), которое отличается от показаний солнечных часов, расположенных на широте x° на (x/360) x 24 часа. Для мест, расположенных к востоку от Гринвича, эта разница вычитается из МСВ, чтобы получить ГСВ; для мест, расположенных к западу от Гринвича, разница прибавляется к МСВ, чтобы получить ГСВ. Поскольку орбита Земли имеет не вполне круглую форму, показания солнечных часов могут отличаться до 15 минут в каждую сторону от их показаний, что не наблюдалось бы, если бы орбита Земли была круглой. Эта разница меняется в течение года, как показано на диаграмме на с. 211.



Среднее солнечное время = фактическое солнечное время — поправка на уравнение времени

Уравнение времени

См. также статьи "Небесная сфера 2", "Звездное и солнечное время".

СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР

Феномен солнечного ветра легче всего обнаружить при наблюдении кометы с видимым хвостом. Хвост кометы всегда направлен от Солнца, независимо от направления ее движения. Это происходит из-за воздействия заряженных частиц, таких как протоны и электроны (для таких частиц используется собирательное название плазма), которые излучаются солнечной короной со скоростью порядка нескольких сотен километров в секунду. Космические зонды измерили силу солнечного ветра на различных расстояниях от Солнца, определили виды частиц, их концентрацию и скорость. На изображениях, полученных от SOHO, космического зонда, предназначенного для изучения Солнца, можно видеть "дыры" в солнечной короне, которые являются выпускными каналами для частиц солнечного ветра. Частицы, вылетающие из постоянных дыр над полюсами Солнца, движутся почти вдвое быстрее, чем частицы, вылетающие из экваториальных дыр.

Плазма солнечного ветра очень хорошо проводит тепло, поэтому она разогревается и ускоряется по мере удаления от Солнца. Движение заряженных частиц солнечного ветра создает магнитное поле, которое, в свою очередь, распространяет действие магнитного поля Солнца далеко в космос. Из-за вращения Солнца линии расширенного магнитного поля закручиваются спиралью. Солнечные вспышки выбрасывают в космос заряженные частицы с очень высокими скоростями, которые прибавляются к постоянному потоку заряженных частиц из солнечной короны.

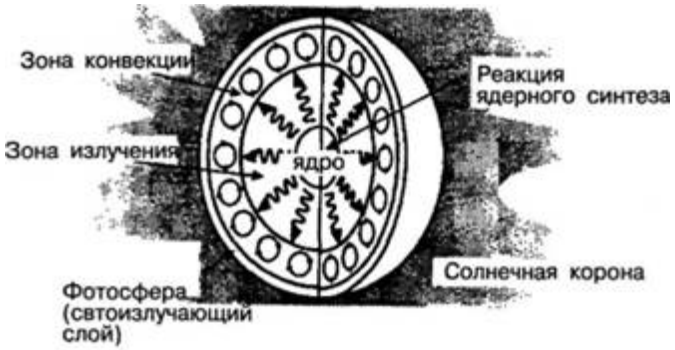
Магнитное поле Земли улавливает заряженные частицы солнечного ветра в двух тороидальных поясах вокруг Земли, которые называются радиационными поясами Ван Аллена. Внутренний пояс простирается от высоты около 2000 км до 5000 км. Внешний пояс простирается от 12 000 до примерно 20 000 км над поверхностью планеты. На траектории земной орбиты концентрация протонов солнечного ветра изменяется в несколько сотен раз, а их скорости варьируют в пределах от 300 км/с до 700 км/с. Эти вариации иногда вызывают возмущения в магнитном поле Земли, которые сильно ухудшают возможности радиосвязи.

См. также статьи "Кометы", "Солнце 2".

СОЛНЦЕ 1: СТРУКТУРА

Солнце представляет собой светящуюся сферу раскаленных газов примерно в 100 раз больше Земли. Солнце — слабопеременная звезда типа желтого карлика, спектрального класса G, излучающая энергию порядка 4×10^{26} Вт/с. Его масса составляет 2×10^{30} кг, средняя плотность в 1,4 раза превышает плотность воды. Хорошо очерченная светоизлучающая поверхность Солнца называется фотосферой. Толщина фотосферы как слоя — около 300 км. Сила тяготения на поверхности Солнца примерно в 28 раз превосходит земную. Температура фотосферы составляет около 6000К. Фотографии, сделанные с помощью красных фильтров, показывают, что фотосфера покрыта слоем газов толщиной около 20 000 км, который называется хромосферой. На фотографиях, сделанных во время затмения, можно увидеть, что Солнце окружено разряженными газами, протягивающимися далеко в космос; они называются солнечной короной.

Внутри Солнца находится ядро, где происходит реакция ядерного синтеза, в процессе которой высвобождаются фотоны и кванты гамма-излучения. По пути от ядра наружу фотоны взаимодействуют с быстро движущимися атомными ядрами и электронами, пока не достигают области, называемой зоной конвекции, где ядра и электроны соединяются в виде атомов и ионов. Внешняя граница этой области образует фотосферу. Внутренняя часть Солнца между энерго-производящим ядром и зоной конвекции называется зоной излучения. Вещество в этой зоне представляет собой плотный газ, состоящий из разрозненных ядер и электронов со слишком высокой кинетической энергией для образован и я атомов и йонов. Воздействие силы тяготения на вещество в зоне излучения сталкивается с противодействием в виде внешнего давлен и я газовых масс при условии, что газ продолжает разогреваться постоянным потоком излучения из ядерной "топки" в ядре Солнца.



Солнце в разрезе

Напоминаем: ни при каких обстоятельствах не смотрите на Солнце без защитных фильтров, так как это может привести к повреждению зрения.

См. также статьи "Ядерный синтез", "Звезды 2".

СОЛНЦЕ 2: СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

На фотографиях солнечной фотосферы, сделанных с высоким разрешением, видно, что она имеет гранулированную, или пятнистую, структуру. Пятна представляют собой конвекционные ячейки шириной примерно 1000 км. Эти конвекционные ячейки являются частью конвекционной зоны, которая, как считается, составляет до 0,3 радиуса Солнца. Каждая гранула существует не более нескольких минут, по мере того как раскаленное вещество поднимается вверх в ее центре, а затем остывает и опускается вниз по краям. Хромосферой называется тонкий слой газа, гораздо менее плотного, чем фотосфера, и находящегося над ней. Температура хромосферы меняется от 4000К на границе фотосферы до более 20 000К на границе хромосферы. Реактивные струи газа, которые называются спикулами, поднимаются с высокой скоростью до высоты 10 000 км и падают, исчезая через 10–20 минут. Спикулы возникают по границам супергранул, которые представляют собой крупные группы гранул неправильной формы. Газовые потоки пересекают фотосферу от центральных регионов супергранулы до ее границ, где газ опускается обратно в ее недра.

Солнечная корона — это оболочка горячего газа, окружающая Солнце и простирающаяся на разные расстояния во всех направлениях от Солнца. Ее плотность составляет около 1 миллионной миллионной плотности фотосферы,[36] а температура достигает почти 2 млн. градусов. На ультрафиолетовых изображениях короны, сделанных космическим зондом SOHO, можно видеть дыры в солнечной короне, которые играют роль выпускных клапанов для солнечного ветра. Во время мощных извержений в короне происходят выбросы солнечного газа в космос на огромные расстояния. Кроме того, из фотосферы вырастают гигантские дуги, состоящие из солнечного вещества и называемые протуберанцами. Протуберанцы продолжаются несколько дней или даже недель, а затем их активность затухает. Солнечные вспышки отличаются еще большей мощностью. При солнечной вспышке из фотосферы происходит выброс огромного количества вещества и излучения, а отдельные участки фотосферы внезапно нагреваются до температур более 5 000 000К.

См. также статью "Солнечный ветер".

СОЛНЦЕ 3: СОЛНЕЧНЫЕ ПЯТНА

Солнечные пятна, возникающие в фотосфере, имеют неправильную форму и варьируют по размеру от 10 000 км и более. Солнечное пятно существует от нескольких часов до нескольких месяцев, а потом исчезает. Часто возникают группы солнечных пятен; каждое пятно имеет свой темный центр с температурой около 4000К. Этот темный участок, который называется тенью, окружен более светлым регионом с температурой около 5000К, называемым полутенью.

Солнечные пятна движутся по солнечному диску, так как Солнце постоянно вращается, совершая полный оборот вокруг своей оси примерно за 4 недели. Чем дальше солнечное пятно расположено от экватора, тем больше времени ему требуется на полный оборот вместе с вращающимся Солнцем. Солнечные пятна вблизи экватора совершают полный оборот примерно за 25 дней, тогда как солнечные пятна около полюсов совершают полный оборот за 35 дней. Причина заключается в том, что Солнце представляет собой шар газообразного материала и скорость его вращения уменьшается вместе с уменьшением широты.

Каждые 11 лет количество солнечных пятен в фотосфере увеличивается до максимального, а затем уменьшается до минимума. Максимальное количество солнечных пятен наблюдалось в 1989 и 2000 году; следующий максимум произойдет в 2011 году. В 1986 году на Солнце было очень мало пятен. В каждом 11 — летнем цикле солнечные пятна сначала появляются в 30˚ к северу и югу от экватора и постепенно приближаются к экватору. Через 11 лет они оказываются в экваториальной области, перед тем как исчезнуть и вновь появиться в 30˚ к северу и югу от экватора. Солнечные пятна связаны с магнитным полем Солнца, так как пятна в тыловой зоне, движущиеся группой, имеют противоположный магнитный заряд по сравнению с пятнами во фронтальной группе. Кроме того, магнитная полярность, связанная с солнечными пятнами, испытывает инверсию каждые 11 лет, когда полярность магнитных полюсов Солнца меняется на противоположную.

Яркие пятна в фотосфере, называемые факелами, или флоккулами, наблюдаются незадолго до появления солнечных пятен. Кроме того, считается, что темные "волокна", наблюдаемые в окрестностях факелов и солнечных пятен, состоят из хромосферного вещества, изогнутого в огромные дуги под воздействием магнитного поля. Когда эти дуги наблюдаются у края солнечного диска, они образуют протуберанцы, которые

могут существовать в течение нескольких месяцев.

См. также статью "Солнце 1".

СПЕКТР ОПТИЧЕСКИЙ

Свет звезды состоит из непрерывного спектра цветов. Спектр солнечного света можно видеть в радуге или пропустив луч света через призму и наблюдая выходной луч на экране. В обоих случаях наблюдается непрерывная полоса цветов от красного и оранжевого через желтый и зеленый до голубого и фиолетового. С помощью спектроскопа (прибора, предназначенного для разложения луча света на составляющие цвета) можно наблюдать спектр любого источника света.[37] Каждый цвет спектра соответствует свету с определенной длиной волны, изменяющейся в пределах от 0,0004 мм для голубого света до примерно 0,0007 мм для красного цвета.

Лампа накаливания тоже дает постоянный спектр, но газовые лампы, такие, как натриевая или неоновая лампа, дают спектр состоящий из ярких линий разного цвета. Расположение линий, а следовательно, длина волн в таком спектре характерна для атомов, присутствующих в источнике света, что называется линейчатым эмиссионным спектром. Измерив длину волны каждого цвета в линейчатом эмиссионном спектре, можно определить химические элементы, присутствующие в источнике света, так как каждый вид атомов соответствует конкретному химическому элементу.

Солнечный спектр содержит темные вертикальные линии, которые видны на фоне непрерывного спектра. Эти линии поглощения соответствуют определенным длинам волн и возникают из-за того, что некоторые цвета, составляющие свет солнечной фотосферы, поглощаются газами во внешней короне. Расположение линий поглощения, как и расположение линий в эмиссионном спектре, можно использовать для определения химических элементов, присутствующих в темных участках. Гелий был открыт в 1868 году Норманом Локьером[38] в результате наблюдения и измерения линий спектра солнечного света.

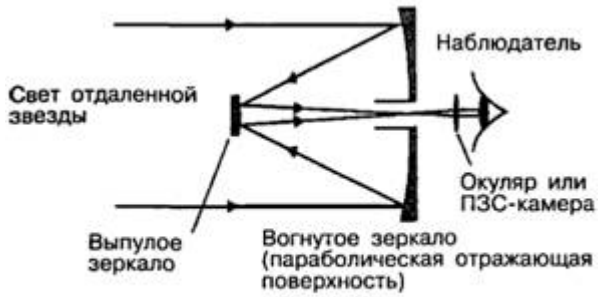
См. также статью "Солнце 2".

ТЕЛЕСКОПЫ 1: РЕФРАКТОРЫ И РЕФЛЕКТОРЫ

Телескоп предназначен для увеличения отдаленных объектов или для усиления яркости точечных объектов, таких, как звезда. Простой телескоп-рефрактор состоит из двух выпуклых линз, объектива и окуляра. Объектив формирует реальное изображение отдаленного объекта в своей фокусной плоскости. При нормальной настройке наблюдатель, глядящий в окуляр, видит увеличенное виртуальное изображение реального объекта.

Телескоп-рефрактор

Чем шире объектив телескопа, тем больше света может быть собрано от точечного объекта, такого, как звезда, поэтому широкоугольный объектив позволяет видеть звезды слишком тусклые для наблюдения с более узким объективом. Кроме того, чем шире объектив, тем большее количество деталей можно разглядеть на изображении протяженного объекта. В больших оптических телескопах в качестве объектива для фокусировки света используется широкое вогнутое зеркало. Это делается потому, что большие зеркала проще изготовить и ими легче пользоваться, чем большими линзами. Небольшое зеркало, расположенное в околофокусной точке вогнутого зеркала, используется для отражения света в окуляр. Хроматическая аберрация[39] устраняется в объективе благодаря использованию вогнутого зеркала вместо выпуклых линз. Кроме того, если вогнутое зеркало имеет параболическую форму, оно устраняет и сферическую аберрацию.[40]



Телескоп-рефлектор

См. также статьи "Окуляр", "Космический телескоп "Хаббл"".

ТЕЛЕСКОПЫ 2: СИЛА И МОЩЬ

Основными характеристиками любого телескопа являются диаметр входного отверстия D (диаметр объектива — линзового или зеркального) и фокусное расстояние f*o*, определяющие относительное отверстие A = D/f_o, которое часто называют светосилой инструмента. Строго говоря, светосила это $A^2 = (D/f_o)^2$. Для визуальных наблюдений протяженных объектов весьма существенно увеличение телескопа — характеристика, которая сообщает пользователю во сколько раз увеличенный образ больше наблюдаемого объекта.

Увеличение телескопа M равно отношению f_o/f_o, где f_o — фокусное расстояние объектива, f — фокусное расстояние окуляра. Наибольшее допустимое увеличение при спокойном состоянии атмосферы M*max* = 2D, где D — диаметр объектива в миллиметрах. При наблюдениях зрачок глаза совмещается с выходным зрачком системы; поэтому выходной зрачок системы не должен быть больше зрачка глаза наблюдателя (то есть больше 8 мм в диаметре). Иначе часть света, собранного объективом, не попадет в глаз и будет потеряна. Таким образом, увеличение телескопа должно быть больше 1/8 диаметра объектива в миллиметрах, если считать, что диаметр зрачка глаза наблюдателя 8 мм.

Телескоп собирает больше света, чем невооруженный глаз, так как линза объектива гораздо шире зрачка глаза. Это преимущество имеет важное значение в астрономии. Количество света, собираемого телескопом, зависит от площади линзы объектива, а количество света, собираемое невооруженным глазом, зависит от площади зрачка глаза. Следовательно, количество света, собираемого входным зрачком телескопа, иначе — собирательная способность, то есть способность обнаруживать слабые источники света, возрастает пропорционально отношению квадрата диаметра объектива к квадрату диаметра зрачка.

Оптическая мощь

Оптическая мощь (или проницающая сила) телескопа определяется предельной звездной величиной звезд, видимых в телескоп в безлунную ночь при идеальных атмосферных условиях. К примеру, телескоп с объективом диаметром 100 мм по сравнению со зрачком глаза диаметром 10 мм дает в 100 раз более сильное увеличение ($100^2/10^2$), что соответствует дополнительным пяти звездным величинам. Такой телескоп позволяет астрономам видеть звезды до 11 звездной величины.

Поле зрения телескопа

Поле зрения телескопа (видимая в телескоп область неба) зависит от увеличения. Диаметр поля зрения, выраженный в минутах дуги, составляет 2000/W, где W — увеличение.

Способность телескопа "разделять" две светящиеся точки характеризуется его разрешающей силой, или разрешающей способностью. Она определяется наименьшим угловым расстоянием между двумя звездами, которые в телескоп могут быть видны отдельно.

Протяженный объект, наблюдаемый через телескоп с увеличением M, кажется в M раз шире и в M^2 раз больше по площади. Поскольку количество возрастаемого света возрастает по тому же закону, яркость изображения теоретически должна возрастать пропорционально. Однако на практике поглощение света линзами ослабляет его силу, поэтому изображение, наблюдаемое в телескоп, кажется более тусклым.

См. также статьи "Увеличение", "Звездная величина".

ТЕЛЕСКОПЫ 3: РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ

Разрешающей способностью телескопа называется наименьший различимый угол между двумя линиями зрения, направленными на два точечных объекта, таких, как две близлежащие звезды. Например, если в телескоп с трудом можно различить две звезды, разделенные угловым расстоянием в 5 угловых секунд, говорят, что разрешающая способность телескопа равна 5 угловым секундам. Обратите внимание, что 3600 угловых секунд равны 1 угловому градусу. Чем выше разрешение телескопа, тем более подробно можно наблюдать изображение объекта.

Дифракция света в линзах объектива приводит к размазыванию изображения точечного объекта. Согласно критерию Рэлея,[41] основанному на теории дифракции в круглом отверстии, два ближайших точечных объекта нельзя разделить, если угловое расстояние между ними, выраженное в секундах дуги, менее $2{,}5 \times 10^5\ \lambda/D$, где λ — это длина волны света, а D — ширина линзы объектива. Таким образом, 1 00-миллиметровый телескоп-рефлектор позволяет различать звезды, расположенные друг от друга на расстоянии 1 секунды дуги. На практике наземные телескопы с диаметром рефлектора больше 0,5 м не достигают теоретической разрешающей способности, так как в атмосфере происходит рассеивание света. Диаметр зеркала космического телескопа Хаббла — 2,4 м, поэтому его теоретическое разрешение составляет 0,04 угловой секунды. Это обеспечивает гораздо более высокую детальность, чем для телескопа такого же размера, расположенного на поверхности Земли, поскольку космический телескоп Хаббла не подвержен влиянию атмосферной рефракции.

Разрешающую способность радиотелескопа можно оценить по критерию Рэлея с учетом длины волны и диаметра зеркала. Зеркало диаметром 50 м, работающее на длине волны 0,1 м, не в состоянии давать разрешение точечных объектов менее 0,1°, что хуже показателей маломощного оптического телескопа. Но благодаря параллельному соединению зеркал можно повысить разрешающую способность радиотелескопа во много раз по сравнению с некоторыми типами телескопов.

См. также статьи "Космический телескоп "Хаббл"", "Радиотелескопы1".

ТЕМНОЕ ВЕЩЕСТВО

Одной из величайших загадок науки в начале XXI века является местонахождение большей части вещества во Вселенной. Это скрытое вещество, известное как темное, иногда называется отсутствующей массой. Темное вещество может находиться внутри галактик и между ними, но его присутствие несомненно, поскольку оно замедляет движение галактик. Оно составляет как минимум 90 % массы Вселенной, однако не поддается прямому определению, так как недостаточно горячее, чтобы излучать свет, и не поглощает света.

Оценка общей массы галактики может быть произведена по скорости ее вращения. Звезда, расположенная на внешней оконечности спиральной галактики, движется вокруг центра галактики, поскольку на нее воздействует сила тяготения — точно так же, как на планету, движущуюся вокруг Солнца. Однако, чем дальше от Солнца расположена орбита планеты, тем больше времени ей требуется, чтобы совершить полный оборот, в отличие от звезд в спиральных рукавах галактики, которые в основном совершают обороты за равные промежутки времени независимо от расстояния. Согласно ньютоновской теории тяготения, для того чтобы период времени не зависел от радиуса, необходимо предположить, что галактика содержит в своих спиральных рукавах гораздо больше вещества, чем суммарная масса всех видимых звезд.

Таким образом, возникает проблема пропавшей массы, поскольку если бы вся масса галактики была сосредоточена в звездах, она была бы гораздо ярче, чем на самом деле. По сравнению с типичной звездой, такой как Солнце, отношение светимости к массе для типичной галактики составляет менее 0,1 такого же соотношения для типичной звезды. Поскольку светимость галактики целиком создается ее звездами, по меньшей мере 90 % массы типичной галактики должно находиться вне звезд, за пределами современных методов наблюдения.

В настоящее время поиски темного вещества являются предметом активных исследований. Оно может содержаться в субатомных частицах, называемых нейтрино, которые производятся и излучаются звездами в огромных количествах в результате процессов ядерного синтеза, однако масса нейтрино до сих пор не известна.

См. также статьи "Светимость", "Ядерный синтез", "Звезды 4".

ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Тепловое излучение — это электромагнитное излучение поверхности объекта, обусловленное его температурой. Светящийся объект наряду с инфракрасным излучением испускает свет. Таким образом, тепловое излучение связано с оптической и инфракрасной частью спектра электромагнитного излучения.

Объект, поглощающий электромагнитное излучение

Объект, поглощающий электромагнитное излучение, направленное на него, называется черным телом. Звезда — черное тело, поскольку любое излучение, направленное на нее, поглощается. Измерение интенсивности излучения черного тела по сравнению с диапазоном длин волн для разных температур дает результаты, представленные кривыми на рисунке на с. 237.

Анализ этих кривых привел к открытию законов излучения черного тела, которые можно применять к звездам для определения их диаметра и температуры поверхности.

Закон Вина гласит, что длина волны на участке максимальной интенсивности в спектре излучения звезды связана с температурой ее поверхности через постоянную величину. Измерения показывают, что эта постоянная равна 0,0029 м на градус Кельвина. Таким образом, если измерить длину волны для максимально интенсивного излучения звезды, можно определить температуру ее поверхности. К примеру, наибольшая интенсивность солнечного спектра наблюдается на длине волны около 5×10^{-7} м, что дает температуру поверхности порядка 5800К.

Кривые теплового излучения черного тела

Закон Стефана гласит, что полная энергия, излучаемая звездой в секунду, равна $\sigma A T^4$, где T — температура поверхности, A — площадь поверхности, а σ — постоянная Стефана, которая равна $5{,}67 \times 10^8$ Вт $\times$ м$^2 \times$ К^4.

Согласно закону Стефана, Солнце при температуре поверхности 5800К и радиусе 6,96 х 10^8 м излучает в секунду полную энергию, равную 3,9 х 10^{26} Вт.

См. также статью "Электромагнитное излучение".

УВЕЛИЧЕНИЕ

Телескоп увеличивает любой отдаленный объект, кроме точечных, таких, как звезды. Увеличение телескопа представляет собой отношение углового размера объекта при наблюдении в телескоп к угловому размеру объекта при непосредственном наблюдении. К примеру, угловой размер Луны составляет около 0,5. При наблюдении в телескоп с двенадцатикратным увеличением видимый угловой размер лунного диска будет составлять 6°.

Увеличение телескопа при нормальном использовании равно отношению фокусной длины объектива к фокусной длине окуляра. Таким образом, телескоп — рефлектор с зеркалом фокусной длиной 600 мм и окуляром с фокусной длиной 40 мм будет иметь пятнадцатикратное увеличение (600 мм / 40 мм). Если поставить окуляр с фокусной длиной в 30 мм, увеличение телескопа возрастет до двадцатикратного (600 мм / 30 мм).

Увеличение телескопа должно превосходить отношение диаметра объектива к диаметру зрачка человеческого глаза, иначе не весь свет, поступающий в телескоп от точечного объекта, попадает в глаз наблюдателя. Поскольку в темноте диаметр зрачка составляет приблизительно 8 мм, увеличение должно быть равным или выше 1/8 диаметра объектива в миллиметрах. Если увеличение слишком велико, качество изображения плохое, так как окуляр слишком мощный для телескопа и вызывает искажение объекта. В качестве общего правила увеличение не должно превосходить численное значение диаметра объектива, выраженное в миллиметрах. Таким образом, телескоп с объективом диаметром 120 мм должен иметь увеличение не менее пятнадцатикратного и не более сто двадцатикратного.

См. также статьи "Окуляр", "Телескопы 2".

УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ И РЕНТГЕНОВСКАЯ АСТРОНОМИЯ

За фиолетовой частью видимого спектра находится область ультрафиолетового излучения, за которой в свою очередь находятся области рентгеновского и гамма — излучения. Земная атмосфера поглощает эти виды электромагнитного излучения, поэтому их источники можно определить только с использованием соответствующих приборов на орбитальных спутниках.

Подробные исследования в области ультрафиолетовой астрономии были выполнены со спутника International Ultraviolet Explorer в период между 1978 и 1996 годом. В 1992 году был запущен новый спутник, Extra Ultraviolet Explorer, для наблюдения за источниками с гораздо более короткой длиной волны — от 10 до 70 нм. Космический телескоп Хаббла тоже оснащен аппаратурой для наблюдения за источниками ультрафиолетового излучения, но в диапазоне волн не короче 120 нм.

К источникам рентгеновских лучей относятся черные дыры и взорвавшиеся звезды, а также горячие газы в космосе. Первое исследование космических источников рентгеновских лучей было выполнено в 1971 году с помощью спутника "Ухуру". Это исследование привело к открытию двойных пульсаров. Рентгеновские телескопы, установленные на орбитальных спутниках, обнаружили источники излучения, дающие вспышки рентгеновских лучей с относительно большими интервалами. Принцип работы рентгеновского телескопа основан на отражении на специальный детектор рентгеновских лучей от гладко отполированных металлических пластин.

Космические вспышки гамма-излучения были обнаружены более 30 лет назад, когда военные спутники, используемые для слежения за испытаниями ядерного оружия, обнаружили вспышки гамма-излучения в разных направлениях космического пространства. С борта космического челнока "Атлантис" в 1992 году была запущена Комптоновская обсерватория, предназначенная для изучения источников гамма — излучения в космосе. В 1997 году гораздо более совершенный рентгеновский детектор на борту спутника Верро SAX зарегистрировал вспышку гамма-излучения, местонахождение которой впоследствии было определено с использованием оптических телескопов. При измерении величины красного смещения было установлено, что

источник находится на расстоянии миллиардов световых лет. В дальнейшем удалось обнаружить вспышки гамма-излучения, источники которых находятся на расстоянии до 10 млрд. световых лет.

УРАН

Уран был открыт Уильямом Гертелем в 1781 году, хотя он и раньше обозначался на звездных картах как тусклая звезда. Гертель проследил за изменением положения Урана относительно других звезд и пришел к выводу, что это планета, расположенная за орбитой Сатурна, которая очень медленно движется через созвездия со скоростью около 4 градусов в год. Фактически Уран совершает полный оборот вокруг Солнца за 84 года на среднем расстоянии 19 астрономических единиц. Его диаметр в 4 раза превышает диаметр Земли, а средняя плотность примерно в 1,3 раза больше плотности воды. Сила тяготения на его поверхности составляет 0,9 земной, а температура 55К (-218 ˚С).

При наблюдении с Земли Уран виден как зеленовато-голубой диск, лишенный каких — либо характерных черт. Космический зонд "Вояджер -2" пролетел мимо Урана в 1986 году и зафиксировал, что атмосфера планеты состоит примерно из 6 частей водорода на 1 часть гелия с небольшой примесью тяжелых элементов и метана, придающего атмосфере голубоватый оттенок.

Гертель также наблюдал два спутника, обращающихся вокруг Урана под прямыми углами к орбите планеты. Это свидетельствовало о том, что ось вращения Урана наклонена на 90˚ по отношению к оси его орбиты. Ныне известно, что у планеты 15 спутников, которые обращаются вокруг нее в одной плоскости. Согласно данным "Вояджера-2", наклон оси вращения планеты к плоскости орбиты составляет 98˚.

Поскольку ось вращения Урана всегда указывает в одном и том же направлении, на каждом из полюсов планеты десятилетия полной тьмы сменяются десятилетиями постоянного дневного света. Считается, что необычный наклон оси вращения Урана является результатом столкновения с крупным небесным телом. Сходное столкновение может объяснять фрагментарный вид поверхности Миранды, одного из спутников Урана.

"Вояджер-2" также подтвердил существование слабой кольцевой системы вокруг Урана, которая впервые была открыта на 10 лет раньше, когда астрономы наблюдали, как Уран затмевает звезду (то есть проходит перед ней и закрывает ее своим диском). Звезда неожиданно начала "мигать" незадолго до и после затмения, что указывало на присутствие колец вокруг Урана, которые закрывали свет звезды, когда проходили перед ней.

ЦЕФЕИДЫ

Цефеиды — это пульсирующие переменные звезды, блеск которых плавно меняется в определенных пределах за постоянный период, составляющий от 1 до 50 суток. Этот класс переменных звезд был открыт в 1784 году астрономом Джоном Гудрайком, который наблюдал за изменениями яркости звезды дельта Цефея в созвездии Цефея, блеск которой плавно изменялся за период 5,4 суток примерно на 1 звездную величину. В других частях небосвода были обнаружены новые звезды, блеск которых менялся за сходные периоды времени; их стали называть цефеидами. Изменения блеска цефеиды обусловлены физическими изменениями в недрах самой звезды, которые приводят к регулярному уменьшению и увеличению ее диаметра, что отражается на ее яркости.

Генриетта Ливитт измерила изменение блеска 25 цефеид в Малом Магеллановом Облаке, которое представляет собой маленькую галактику неправильной формы на окраине Млечного Пути. Сопоставив на графике среднюю звездную величину каждой звезды с периодом изменения ее блеска, Генриетта Ливитт обнаружила, что звездная величина неуклонно возрастает вместе с возрастанием периода изменения. Хотя в то время расстояние до Магелланова Облака не было известно, Ливитт знала, что все звезды в нем находятся примерно на одинаковом расстоянии от Солнца (сходным образом можно сказать, что каждый житель Нью — Йорка находится на примерно одинаковом расстоянии от наблюдателя в Англии). Отсюда Ливитт пришла к выводу, что средняя абсолютная светимость цефеиды возрастает вместе с увеличением периода изменения ее блеска.

Год спустя Эйнар Герцшпрунг смог воспользоваться методом параллакса для измерения расстояния до гораздо более близкой цефеиды, а затем вычислить разницу между средней абсолютной и видимой светимостью цефеиды, которую можно было применить к любой переменной звезде этого класса для определения ее абсолютной светимости, а следовательно, и расстояния до нее. После открытия Ливитт цефеиды использовались астрономами для определения расстояния до звезд, находившихся далеко за пределами измерений по методу параллакса, включая звезды в других галактиках.

См. также статьи "Дистанционные измерения 2", "Звездная величина", "Переменные звезды!"

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ

Даже свет не может ускользнуть из черной дыры. Черная дыра является абсолютным поглотителем всех видов электромагнитного излучения (или любой другой формы излучения) точно так же, как черная поверхность полностью поглощает видимый свет. Идея черной дыры впервые была сформулирована Джоном Мичеллом еще в 1783 году *, хотя сам термин черная дыра имеет гораздо более позднее происхождение и впервые был применен американским физиком Джоном Уиллером. Хотя идея Мичелла в целом была правильной, в то время не существовало доказательств, что гравитация может влиять на распространение света. В 1916 году Альберт Эйнштейн предсказал в своей "Общей теории относительности", что сильное гравитационное поле искажает пространство — время и изгибает лучи света. По расчету Эйнштейна, свет звезд, проходящий мимо Солнца, отклоняется на одну двухтысячную долю градуса из-за силы солнечного тяготения. Это предсказание было подтверждено сэром Артуром Эддингтоном в 1919 году. Эддингтон возглавил экспедицию в Южную Америку для проверки теоретических выводов Эйнштейна с помощью фотографирования звезд, которые становились видимыми рядом с Солнцем во время полного солнечного затмения.

* В 1796 году независимо от Дж. Мичела идею чёрной дыры высказал и Лаплас.

Основы современной теории черных дыр были заложены немецким астрономом Карлом Шварцшильдом, который воспользовался выкладками Эйнштейна для доказательства того, что любой объект с достаточно сильным гравитационным полем может задерживать и поглощать свет. Шварцшильд доказал, что такой объект окружен горизонтом событий — сферической оболочкой, сферой Шварцшильда, через которую не может проникнуть ничего и никогда из того, что находится внутри. Любой предмет, попавший за горизонт событий, исчезает навеки, оставляя на нем свой тускнеющий образ. Радиус горизонта событий известен как гравитационный радиус Шварцшильда. Радиус Шварцшильда для черной дыры с массой т равен $2Gm/c^2$, где G — постоянная гравитации из ньютоновской теории тяготения, а с равняется скорости света. Чтобы Земля превратилась в черную дыру, ее нужно сжать до диаметра менее 18 мм.

Астрономами были получены доказательства существования черных дыр. Центральная область галактики М87 вращается так

быстро, что астрономы предполагают наличие в ее центре массивной черной дыры. Мощный источник рентгеновских лучей Лебедь XI является двойной системой, состоящей из звезды-сверхгиганта и очень плотной невидимой звезды, которая может быть черной дырой, вытягивающей вещество с внешней оболочки своего спутника.

См. также статьи "Эйнштейн", "Антивещество".

ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЕЗД

Эволюция звезды представляет собой последовательность этапов, которую она проходит, начиная от своего формирования в качестве протозвезды до конца своей жизни в качестве объекта, излучающего свет. Звезда образуется из облаков космической пыли и водорода в результате направленной внутрь силы тяготения. По мере уплотнения вещества в недрах протозвезды гравитационная энергия превращается в тепловую, и температура звезды увеличивается до тех пор, пока не начинается реакция ядерного синтеза. Излучение высокой энергии, испускаемое на этом этапе, еще больше разогревает протозвезду, и она становится звездой Главной последовательности.

Звезда находится на этапе Главной последовательности большую часть своей жизни, испуская излучение в результате реакции между ядрами гелия и водорода в своем ядре. В ходе этого процесса образуется давление на внешние слои звезды, окружающие ядро. Гравитационное давление на каждый слой уравновешивается давлением извне, которое создает излучение. Когда все ядра водорода в ядре звезды оказываются израсходованными, ядро коллапсирует, а внешние слои раздуваются, увеличиваясь в объеме, и остывают. Звезда становится красным гигантом. На этом этапе ядра гелия в ядре вступают в реакцию синтеза между собой и образуют ядра более тяжелых элементов вплоть до железа. Когда этот процесс заканчивается, вся звезда коллапсирует и разогревается, становясь белым карликом, если ее масса составляет менее 1,4 массы Солнца. Планетарные туманности, наблюдаемые вокруг некоторых звезд, считаются облаками светящегося вещества, выброшенными в результате коллапса с образованием белого карлика. Если масса звезды превосходит 1,4 массы Солнца, что известно как предел Чандрасекара, звезда полностью коллапсирует, а затем взрывается. Такие звезды называются сверхновыми.

Эволюция звезды

См. также статьи "Диаграмма Герцшпрунга — Рессела", "Новая", "Ядерный синтез", "Красный гигант", "Сверхновая", "Белый карлик".

ЭЙНШТЕЙН

Альберт Эйнштейн (1879–1955) произвел революцию в физике, когда опубликовал свою работу "Специальная теория относительности" (в 1905 году), где доказал, что энергия и масса взаимозаменяемы в соответствии с уравнением $E = mc^2$, где c — скорость света в космосе. Он также доказал, что объект не может двигаться быстрее света. В двух других статьях, также опубликованных в 1905 году, Эйнштейн доказал существование атома и продемонстрировал, что свет состоит из фотонов, представляющих собой пучки электромагнитных волн, каждый из которых состоит из энергии пропорциональной частоте волны. В то время Эйнштейну еще не исполнилось 30 лет и он был служащим патентного бюро в Берне. С 1909 года он — профессор и преподаватель Цюрихского университета, а с 1913 года живет и работает в Берлине: директор Физического института, профессор Берлинского университета.

В 1916 году Эйнштейн опубликовал "Общую теорию относительности", в которой предсказал существование черных дыр и искривление света в гравитационном поле. Его теория была успешно подтверждена в ходе экспериментов Артура Эддингтона, который сфотографировал звезды вблизи Солнца во время полного солнечного затмения в 1919 году. Эддингтон обнаружил, что позиции звезд у края солнечного диска были немного смещены, в соответствии с предсказанием Эйнштейна, и что размер этого смещения соответствовал вычислениям Эйнштейна. Экспериментальное доказательство общей теории относительности означало, что таких понятий как "абсолютное время" и "абсолютное пространство" не существует. Пространство и время взаимосвязаны и подвергаются воздействию гравитации. После конференции ведущих ученых в Лондоне, обсудившей выводы из общей теории относительности, Эйнштейн стал всемирной знаменитостью. Он был награжден Нобелевской премией по физике в 1921 году за труды по теоретической физике и открытие законов фотоэффекта о природе света. В 1933 году Эйнштейн эмигрировал в Америку.

Общая теория относительности имела важные последствия для астрономии и космологии, включая открытие черных дыр, гравитационных линз и разработку теории Большого Взрыва, объясняющей происхождение Вселенной.

См. также статьи "Большой Взрыв", "Черные дыры", "Гравитационные линзы".

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Электромагнитное излучение состоит из электромагнитных волн, которые представляют собой электрические и магнитные поля, перпендикулярные друг другу и направлению распространения волны и совпадающие друг с другом по фазе. Электромагнитные волны самораспространяются, поскольку электрическая волна создает магнитную волну, которая, в свою очередь, создает электрическую волну и так далее. Спектр электромагнитного излучения представлен в таблице (см. с. 256). Все электромагнитные волны движутся в вакууме с одинаковой скоростью, скоростью света — 300 000 км в секунду.

	Длина волны	Космические источники	Средства обнаружения
Радио	> 0,1 м	Солнце, облака межзвездного газа, квазары	Наземные радиотелескопы
Микроволновое	0,1 м — 1 мм	Солнце, космическое фоновое излучение	Наземные микроволновые детекторы
Инфракрасное	1 мм — 700 им	Солнце, холодные звезды, облака межзвездной пыли	Спутниковые инфракрасные датчики
Видимое	400—700 нм	Солнце, звезды, галактики, облака межзвездного газа	Наземные телескопы, зрение, ПЗС- камеры
Ультрафиолетовое	1—400 нм	Солнце, звезды, облака межзвездного газа	Спутниковые УФ-датчики
Рентгеновское	< 1 нм	Солнце, рентгеновские двойные звезды, сверхновые, межгалактический газ	Спутниковые рентгеновские датчики
Гамма-излучение	< 1 нм	Солнце, межзвездный газ, вспышки гамма-излучения	Спутниковые датчики гамма-излучения
Гамма-излучение	< 1 нм	Солнце, межзвездный газ, вспышки гамма-излучения	Спутниковые датчики гамма-излучения

См. также статьи "Инфракрасная астрономия", "Радиоастрономия", "Ультрафиолетовая и рентгеновская астрономия".

ЮПИТЕР 1: ПЛАНЕТА

Юпитер — самая большая планета Солнечной системы. Его масса в 318 раз превышает массу Земли, а диаметр более чем в 11 раз больше земного. Юпитер вращается вокруг Солнца на среднем расстоянии 5,2 астрономической единицы, совершая полный оборот каждые 11,9 лет; при этом расстояние до Солнца изменяется в пределах от 5,0 до 5,4 астрономической единицы. Каждые 13 месяцев Юпитер находится в оппозиции с Землей, когда наша планета догоняет, а затем перегоняет его. При наблюдении с Земли в телескоп он виден как немного сплюснутый диск, пересекаемый светлыми и темными параллельными поясами. Внутри поясов существуют долговременные стабильные регионы, включая большое Красное пятно, впервые описанное почти 2 века назад. Своеобразная форма Юпитера объясняется тем, что он представляет собой шар жидкого материала, вращающийся вокруг своей оси и совершающий полный оборот каждые 10 часов. Из-за быстрого вращения его экваториальный диаметр значительно больше полярного. Полюса образуются из-за эффекта быстрого вращения планеты и термальной конвекции в ее недрах. "Стабильные" регионы, наблюдаемые в виде точек на поверхности планеты, считаются долгоживущими вихреобразными структурами.

Спектральный анализ атмосферы Юпитера выявил присутствие аммиака, метана и водорода. Принято считать, что Юпитер имеет плотное железосиликатное ядро, окруженное водородом, который при таком огромном давлении имеет свойства металла. Между оболочкой из металлического водорода и атмосферой существует водород в молекулярной форме. Средняя температура атмосферы Юпитера составляет примерно — 110 °C, что больше ожидаемого, судя по расстоянию от Солнца. Таким образом, Юпитер излучает тепловую энергию, возникшую, вероятно, при формировании планеты или при ее последующем сжатии. В июле 1994 года комета Шумейкера — Леви-9 врезалась в Юпитер, распавшись на множество фрагментов, что привело к образованию временных темных пятен в атмосфере планеты, подвергшейся ударному воздействию.

Обширная программа изучения Юпитера была выполнена с помощью космических зондов, особенно двух аппаратов "Вояджер", которые пролетели мимо Юпитера с интервалом в несколько месяцев в 1979 году.[42] Они послали на Землю крупномасштабные фотографии поверхности Юпитера, его спутников и тусклого кольца вокруг планеты, о котором ранее не

было известно.

См. также статьи "Кометы", "Планеты", "Орбиты планет".

ЮПИТЕР 2: СПУТНИКИ

Известно, что Юпитер имеет по меньшей мере 16 спутников, расположенных на расстоянии от 130 тысяч до более 20 млн. километров от планеты. Галилей открыл четыре самых больших спутника: Ио, Ганимед, Каллисто и Европа. Эти четыре спутника можно наблюдать в телескоп как яркие точки в экваториальной плоскости планеты. Их положение изменяется от одной ночи к следующей, так как они вращаются вокруг планеты с периодом порядка нескольких суток, а не лет. Космический зонд "Вояджер-2" послал на Землю подробные фотографии крупных спутников Юпитера, когда пролетал мимо них. Еще более подробные изображения поступили от космического зонда "Галилей", который вышел на орбиту вокруг Юпитера в 1995 году. [43]

Диаметр Ио, ближайшего к Юпитеру спутника планеты, примерно равен диаметру земной Луны. Его период обращения составляет 1,8 суток, а радиус орбиты 0,42 млн. км. Вулканическая активность на поверхности Ио поразила астрономов, когда она впервые наблюдалась на фотографиях, полученных с космического зонда "Вояджер-2". Считается, что наличие расплавленного материала в недрах Ио и извержения на поверхности спутника вызваны периодическим растяжением и сжатием под воздействии гравитационного поля Юпитера в сочетании с другими внешними спутниками. Средняя плотность Ио примерно такая же, как у земной Луны. Европа, второй крупный спутник Юпитера, меньше Ио и совершает полный оборот вокруг планеты за 3,6 суток. Радиус ее орбиты составляет 0,67 млн. км. Гладкая поверхность Европы расцвечена коричневыми пятнами и покрыта трещинами. Средняя плотность этого спутника примерно такая же, как у земной Луны.

Ганимед, следующий по счету, — самый большой спутник Юпитера. Период его обращения вокруг планеты составляет 7,2 суток при радиусе орбиты 1,1 млн. км. На его поверхности, которая, как считается, покрыта мощным слоем льда, видны разломы и яркие кратеры. Средняя плотность Ганимеда в 1,9 раза превышает плотность воды.

Каллисто, наиболее отдаленный из крупных спутников Юпитера, не такой большой, как Ганимед, и имеет сходную с ним среднюю плотность. Он обращается вокруг Юпитера за 16,7 суток, а радиус его орбиты составляет 1,9 млн. км. Его поверхность, густо покрытая кратерами, представляет собой мощную кору, состоящую изо льда и скальных образований.

См. также статьи "Кратеры", "Галилей".

ЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ

Энергия, излучаемая звездой, возникает в процессе ядерного синтеза, который происходит в ядре звезды. В ходе этого процесса легкие ядра соединяются, образуя более тяжелые ядра, и высвобождается энергия в виде гамма-излучения и частиц высоких энергий. Энергия, высвобождаемая в пересчете на килограмм водорода, примерно в 10 млн. раз больше, чем энергия, высвобождаемая при сгорании одного килограмма нефти.

Температура в ядре звезды достигает десятков миллионов градусов, и ядра элементов движутся с очень большой скоростью. Поскольку они обладают положительным электрическим зарядом, то избегали бы столкновения и отталкивали друг друга, если бы двигались медленнее. Однако из-за быстрого движения два сталкивающихся ядра преодолевают силу электростатического отталкивания и соединяются, образуя более тяжелое ядро. В звездах Главной последовательности ядра водорода, представляющие собой одиночные протоны, соединяются в несколько этапов, образуя ядро гелия.

Сначала соединяются два протона, в результате чего один из протонов превращается в нейтрон и образуется ядро дейтерия, состоящее из протона и нейтрона, затем ядро дейтерия соединяется с новым протоном и образует ядро гелия-3, состоящее из двух протонов и нейтрона. И наконец два ядра гелия-3 соединяются и высвобождают два протона, в результате чего остающиеся два протона и нейтрона соединяются, образуя ядро гелия-4.

Пока в недрах звезды Главной последовательности сохраняется достаточное количество водорода, реакция ядерного синтеза продолжается, и поток излучения не дает звезде коллапсировать под воздействием собственной силы тяготения. Когда водород в ядре исчерпывается, ядро коллапсирует, а внешние слои звезды раздуваются и остывают, так что она становится красным гигантом. Затем ядра гелия начинают поэтапно соединяться, образуя ядра более тяжелых элементов и высвобождая новую энергию. Этот процесс продолжается до формирования тяжелых ядер, таких, как ядра железа. Поскольку для образования еще более тяжелых ядер необходима дополнительная энергия, реакция ядерного синтеза прекращается, и звезда снова коллапсирует, становясь белым карликом.

См. также статьи "Диаграмма Герцшпрунга — Ресселла",

"Белыш карлик".

Краткий словарь

Абсолютная звездная величина М — видимая звездная величина, которую имела бы1 звезда, если бы находилась от нас на стандартном расстоянии 10 парсеков (примерно 300 млн. млн. км).

Астрономическая единица (а. е.) — за астрономическую единицу принято среднее расстояние от Земли до Солнца, равное 149,6 млн. км.

Астрономическое соединение — положение планеты! на орбите, когда она находится на одном направлении с Солнцем при наблюдении с Земли.

Видимая звездная величина М — блеск звезды! по шкале, начиная от m = 1 для самые ярких звезд до т = 6 для звезд, едва различимые невооруженные глазом ясной ночью. Каждое различие в 5 звездные величин соответствует уменьшению или увеличению световой энергии в 100 раз.

Главная последовательность — основное распределение звезд на диаграмме Герцшпрунга — Ресселла. Звезда Главной последовательности излучает энергию в результате превращения водорода в гелий в процессе реакции ядерного синтеза, происходящей в ее ядре.

Звезды I и II поколения — звезды I поколения — горячие молодые голубые звезды, богатые металлами; звезды! II поколения — более холодные старые красные звезды, обедненные металлами.

Кульминация — явление прохождения светил через небесный меридиан. В верхней кульминации светило выше всего над горизонтом, в нижней — ниже всего. У незаходящих светил видны (над горизонтом) обе кульминации.

Меридиан — большой круг на небесной сфере, который проходит через оба полюса и находится прямо над головой наблюдателя.

Парсек — 1 парсек (пс) = 3,26 световые года = 206 265 а. е. = 31×10^{15} м. Парсек определяется как расстояние до звезды, параллакс которой составляет 1 угловую секунду.

Первая точка Овна — точка небесного экватора, которую Солнце пересекает весной (примерно 21 марта).

Противостояние — положение внешней планеты на орбите, когда она находится в противоположном направлении от Солнца при наблюдении с Земли. Земля при этом оказывается между планетой и Солнцем.

Прямое восхождение — угол, взятый в восточном

направлении вдоль небесного экватора от первой точки Овна на большой круг, проходящий через звезду.

Световой год — 1 световой год = 0,3066 пс = = 63 240 а. е. = $9{,}5 \times 10^{15}$ м.

Склонение — угол между звездой и ближайшей точкой на небесном экваторе.

Угловая секунда — угол, равный 1/3600 градуса.

Фотон — волновой пучок электромагнитного излучения.

Эклиптика — большой круг небесной сферы, по которому происходит видимое годичное движение Солнца среди звезд. Поскольку годичное движение Солнца отражает реальное обращение Земли по орбите, эклиптика — это след от сечения небесной сферы плоскостью, параллельной плоскости земной орбиты.

Элонгация — наибольший угол между линиями зрения, направленными на внутреннюю планету и Солнце.

Эффект Доплера — изменение длины волны (или частоты колебаний), воспринимаемой наблюдателем, при движении источника волн и наблюдателя относительно друг друга.

notes

Примечания

1

1 световой год = 63 240 а. е. = 9,5 10^{15} м. — Здесь и далее прим. ред.

2

К галактикам неправильной формы Хаббл причислял объекты, у которые отсутствует ярко выраженное ядро и не обнаружена вращательная симметрия, как это можно видеть в Магеллановым Облаках.

3

Иногда по осям диаграммы откладывают другие, взаимосвязанные с указанными в статье величины: по вертикальной оси — светимость, по горизонтальной — спектральный класс.

4

Кеплер сформулировал второй закон в следующем виде: радиус-вектор, проведенный от Солнца к планете, в равные промежутки времени описывает равные площади.

5

После точного измерения блеска звезд пришлось ввести не только отрицательные, но и дробные звездные величины!

6

$4\ 10^{20}$ МВт.

7

Более точное название поверхности Земли — геоид. Геоид с точностью порядка сотен метров совпадает с эллипсоидом вращения.

Нм — нанометр; 1 нм = 10^9 м.

9

Каталог быт составлен датским астрономом Йоханом Л. Дрейером и содержал уже тысячи галактик. Туманность Андромеды! в этом каталоге значится под номером NGC 224.

10

Оорт Ян Хендрик (1900–1992) — нидерландский астроном. Ему принадлежит гипотеза о существовании на далекой периферии Солнечной системы1 кометного облака — источника наблюдаемым долгопериодических комет.

11

Аристарх Самосский (ок. 310–230 до н. э.) — древнегреческий астроном. Первым высказал идею гелиоцентризма.

12

ПЗС — прибор с зарядовой связью. ПЗС-камера — цифровая камера на базе ПЗС — матрицы.

13

После выхода телескопа на орбиту в 1990 году в конфигурации зеркала быти обнаружены! изъяны! и разрешающая способность телескопа оказалась ниже ожидаемой.

14

Микроволновое фоновое излучение называют также реликтовым излучением, то есть остатком, реликтом той эпохи, когда все вещество Вселенной находилось в виде горячей плотной плазмы.

15

20 июля 1969 года на Луну в лунном отсеке корабля высадились Н. Армстронг и Э. Олдрин. М. Коллинз в основном блоке "Аполлона" совершал полет по окололунной орбите. Всего на Луне побывало 12 американских космонавтов.

16

Соответственно Страх и Ужас — так звали двух спутников мифологического бога войны, Марса. Спутники были открыты в 1877 году американским астрономом Асафом Холлом.

17

По данным, полученным с "Маринера-10", плотность атмосферы1 Меркурия не превосходит плотности земной атмосферы1 на высоте 620 км.

18

Ольберс Генрих Вильгельм (1758–1840) — немецкий астроном. Открыл 7 новых комет, в том числе долгопериодическую, названную его именем. Открыл малые планеты! Палладу и Весту; высказал предположение о неполной прозрачности межзвездного пространства.

19

Точка весеннего равноденствия, иначе — точка пересечения эклиптики с небесным экватором, в которой Солнце переходит из Южного полушария небесной сферы! в Северное. Во времена Древнего Египта точка весеннего равноденствия находилась в созвездии Овна, и она до сих пор называется первой точкой Овна, хотя прецессия уже давно переместила ее в соседнее созвездие Рыб.

20

В 1932 г. существование нейтронные звезд предсказал советский физик-теоретик Л. Д. Ландау.

21

Галле Иоганн Готфрид (1812–1910) — немецкий астроном. Уточнил солнечныш параллакс, открыт три кометы1, обнаружил Нептун по координатам, вычисленным У. Леверье.

22

Название "Новая", сложившееся в древности, когда полагали, что эти звезды! возникают вновь, теперь считается неудачным. Речь идет о переменные звездах, светимость которые внезапно увеличивается в тысячи раз и более.

23

"Математические начала натуральной философии" — таково полное название этого грандиозного труда.

Следует добавить, что членом Лондонского королевского общества Ньютон был избран еще в 1672 году.

25

У человека диаметр зрачка колеблется в зависимости от освещенности от 1,5 до 7,5 мм.

Для обозначения переменные звезд используют латинские буквы1 с указанием созвездия, в котором звезда расположена. В пределах одного созвездия переменные звездам последовательно присваивают одну латинскую букву, комбинацию из двух букв или букву V с номером.

27

В наиболее четкой форме геоцентрическая система мира была разработана великим ученым древности Аристотелем (IV в. до н. э.).

28

В 2001 году у Сатурна были обнаружены! еще 12 спутников. Общее число известные на сегодняшний день спутников Сатурна достигло 30.

29

Больше сведений о Титане ученые предполагают получить в 2004 г., когда космический зонд, названный в честь Христиана Гюйгенса, открывшего Титан в 1655 г., совершит управляемую посадку на поверхности спутника.

Иногда употребляются другие названия Тефии: Фетида, Тефис, Тетис.

31

Деления Кассини и Энке в научно-популярной литературе часто называют щелями: щель Кассини, щель Энке.

32

За последнюю тысячу лет в нашей Галактике было достоверно зарегистрировано появление четырех сверхновы е. Три из них автор назвал; четвертая вспыхнула в 1006 году

33

Время пребывания звезды на Главной последовательности оценивается формулой $t_{зв} = 10^{10} / M^3$, где учтено, что светимость звезды Главной последовательности пропорциональна четвертой степени ее массы.

34

За 200 лет звезда Барнарда проходит дугу в 0,5˚, то есть видимый поперечник Луны, за что звезду прозвали "летящей", поскольку это наибольшее из известные собственные движений.

35

Основанная в 1675 году Гринвичская обсерватория, в 1953 году быта переведена на 70 км к юго-востоку в замок Хёрстмонсо, но нулевой меридиан по-прежнему проходит через Старую королевскую обсерваторию.

36

Плотность вещества в фотосфере $(0{,}01–0{,}05) \times 10^6$ г/см3.

Спектры! оптические относят к области ультрафиолетового, видимого и инфракрасного излучения. Помимо оптических существуют спектры радиоволн, звуковые, молекулярные, рентгеновского излучения, колебаний, массы и др.

38

Локьер Джозеф Норман (1836–1920) — английский астроном, один из пионеров астроспектроскопии. Исследовал спектр Солнца. Открыт гелий независимо от П. Женсена.

Для синих лучей главное фокусное расстояние меньше, чем для красных. Это явление и называется хроматической аберрацией объектива.

Центральные и краевые зоны линзы собирают лучи в разные точках главной оптической оси, что и выпытает сферическую аберрацию, делая изображение нечетким.

41

Правильнее Рейли (Ravleigh), но во многих справочные изданиях и учебниках — Рэлей, сэр Стрёт Джон Уильям (1842–1919) — английский физик. Занимался вопросами оптики, акустики, электричества и других областей физики.

42

С Земли аппараты стартовали в 1977 году: "Вояджер-1" — 5 сентября, "Вояджер — 2" — 20 августа.

43

Стартовал с Земли 17 октября 1989 года.